

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ

THE FOOTBRIDGE

ČÁST A – ÚVODNÍ DOKUMENT

PART A – INTRODUCTORY DOCUMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Rusňák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ

THE FOOTBRIDGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Rusňák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Marek Rusňák
Název	Lávka pro pěší
Vedoucí práce	Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1991 Zatížení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice, podle doporučení vedoucího diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhnete nosnou konstrukci lávky pro pěší přes řeku Dřevnici na rozpětí 35m v lokalitě Zlín.

Požadované výstupy: V diplomové práci podrobněji vypracujte návrh vybrané varianty (technickou zprávu, statický výpočet, odpovídající výkresovou dokumentaci a orientační výkaz spotřeby materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Hlavním cílem této diplomové práce je návrh a posouzení ocelové lávky pro pěší přes řeku Dřevnici ve Zlíně. Jako základní materiál byla zvolena ocel S355 a pro vybrané prvky ocel S235. V úvodní části práce jsou řešeny dvě konstrukční varianty. Tyto varianty jsou poté porovnány a dále je řešena pouze vybraná výhodnější varianta. Vybranou variantou je příhradová konstrukce lávky s dolní mostovkou a zakřivenými horními pásy. Mostovka je tvořena příčníky a mostovkovým plechem s podélnými výztuhami. Rozpětí konstrukce je 35.0 m, šířka lávky je 3.9 m a její výška uprostřed rozpětí činí je 4.2 m.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lávka, ocel, mostovka, příhradovina, pěší, cyklisté

ABSTRACT

The main goal of this diploma thesis is a design and verification of a steel footbridge crossing the river Dřevnice in Zlín. As the basic material steel S355 and for selected members steel S235 was chosen. There are two structural variants designed in the introductory part of the thesis. These variants are then compared and in the next part only selected, more favourable variant, is addressed. The selected variant is a truss footbridge with a bridge deck at the bottom and curved top chords. The bridge deck consists of floor beams and steel plate with longitudinal stiffeners. The span of the structure is 35.0 m, the width of the footbridge is 3.9 m and its height in the middle of the span is 4.2 m.

KEYWORDS

Footbridge, pedestrian bridge, bridge deck, truss, pedestrians, cyclists

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Marek Rusňák *Lávka pro pěší*. Brno, 2018. 203 s., 18 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7. 1. 2018

Bc. Marek Rusňák
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat za veškerou podporu mým rodičům, kteří mi umožnili studium na vysoké škole.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Stanislavu Buchtovi, Ph.D. za poskytnutí cenných a užitečných rad a za odbornou pomoc, kterou mi při zpracování práce poskytnul.

Marek Rusňák

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČÁST A – ÚVODNÍ DOKUMENT

ČÁST B – POROVNÁNÍ VARIANT

ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET

ČÁST D – TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČÁST E – PŘÍLOHY

ČÁST F – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004, 76 stran
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004, 44 stran
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Praha: ČNI, 2007, 124 stran
- [4] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, Praha: ČNI, 2005, 152 stran
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2006, 96 stran
- [6] ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn, Praha: ČNI, 2008, 56 stran
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, Praha: ČNI, 2008, 128 stran
- [8] ČSN EN 1993-1-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty, Praha: ČNI, 2008, 102 stran
- [9] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2006, 114 stran
- [10] ČSN EN 1995-2 Eurokód 5: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty, Praha: ČNI, 2006, 32 stran
- [11] ČSN EN 1090-2+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce, Praha: ÚNMZ, 2012, 176 stran
- [12] ČSN EN 14080 Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo – Požadavky, Praha: ÚNMZ, 2013, 88 stran
- [13] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti, Praha: ČNI, 2016, 16 stran
- [14] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje, Praha: ÚNMZ, 2014, 88 stran
- [15] ČSN EN 10160 Zkoušení ocelových plochých výrobků o tloušťce 6 mm nebo větší ultrazvukem (odrazová metoda), Praha: ČNI, 2000, 16 stran
- [16] ČSN EN ISO 11666 Nedestruktivní zkoušení svarů – Zkoušení ultrazvukem – Stupně přípustnosti, Praha: ÚNMZ, 2011, 24 stran
- [17] TP 179 Technické podmínky – TP 179 Navrhování komunikací pro cyklisty, Praha: Ministerstvo dopravy, 2017, 138 stran

- [18] PECHAR, J., SCHINDLER, A., BUREŠ, J. Kovové mosty. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990, 524 stran
- [19] ČAMBULA, J. Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů. Praha: ČKAIT, 2010, 360 stran
- [20] KRÁL, J. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4. Praha: ČKAIT, 2010, 116 stran
- [21] KOŽELUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1, Navrhování a konstrukční materiály. Zlín: KODR, 1998, 460 stran
- [22] KOŽELUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů. Praha: ČKAIT, 2004, 401 stran
- [23] PACKER, J.A., WARDENIER, J., ZHAO, X.-L., VAN DER VEGTE, G.J., KUROBANE, Y. Design guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading (2nd edition), Kolín, Německo: CIDECT, 2008, 149 stran
- [24] HEINEMEYER, C., BUTZ, C., KEIL, A., SCHLAICH, M., GOLDBECK, A., TROMETOR, S., LUKIC, M., CHABROLIN, B., LEMAIRE, A., MARTIN, P.-O., CUNHA, A., CAETANO, E. Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations, Lucemburk, Lucembursko: European Commission, 2009, 84 stran
- [25] JOHANSSON, B., MAQUOI, R., SEDLACEK, G., MÜLLER, C., BEG D. Commentary and worked examples to EN 1993-1-5 "Plated structural elements", Lucemburk, Lucembursko: Office for Official Publications of the European Communities, 2007, 226 stran
- [26] HENDY, C.R., MURPHY, C.J. Designers' Guide to EN 1993-2 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 2: Steel bridges, Londýn, Velká Británie: Thomas Telford, 2007, 400 stran
- [27] Spoje ocelových konstrukcí [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/index.html>
- [28] Táhla Macalloy. Tension systems [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

Autor práce Bc. Marek Rusňák

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Studijní obor 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Lávka pro pěší

**Název práce
v anglickém
jazyce** The Footbridge

Typ práce Diplomová práce

**Přidělovaný
titul** Ing.

Jazyk práce Čeština

**Datový formát
elektronické
verze** PDF

Abstrakt práce Hlavním cílem této diplomové práce je návrh a posouzení ocelové lávky pro pěší přes řeku Dřevnici ve Zlíně. Jako základní materiál byla zvolena ocel S355 a pro vybrané prvky ocel S235. V úvodní části práce jsou řešeny dvě konstrukční varianty. Tyto varianty jsou poté porovnány a dále je řešena pouze vybraná výhodnější varianta. Vybranou variantou je příhradová konstrukce lávky s dolní mostovkou a zakřivenými horními pásy. Mostovka je tvořena příčníky a mostovkovým plechem s podélnými výztuhami. Rozpětí konstrukce je 35.0 m, šířka lávky je 3.9 m a její výška uprostřed rozpětí činí je 4.2 m.

**Abstrakt práce
v anglickém
jazyce**

The main goal of this diploma thesis is a design and verification of a steel footbridge crossing the river Dřevnice in Zlín. As the basic material steel S355 and for selected members steel S235 was chosen. There are two structural variants designed in the introductory part of the thesis. These variants are then compared and in the next part only selected, more favourable variant, is addressed. The selected variant is a truss footbridge with a bridge deck at the bottom and curved top chords. The bridge deck consists of floor beams and steel plate with longitudinal stiffeners. The span of the structure is 35.0 m, the width of the footbridge is 3.9 m and its height in the middle of the span is 4.2 m.

Klíčová slova

Lávka, ocel, mostovka, příhradovina, pěší, cyklisté

**Klíčová slova
v anglickém
jazyce**

Footbridge, pedestrian bridge, bridge deck, truss, pedestrians, cyclists

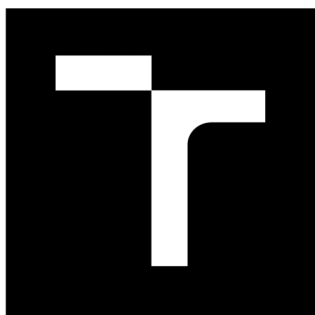
PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 7. 1. 2018

Bc. Marek Rusňák
autor práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ

THE FOOTBRIDGE

ČÁST B – POROVNÁNÍ VARIANT

PART B – COMPARISON OF VARIANTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Rusňák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

0	Zkratky	1
1	Varianta A:	2
1.1	Konstrukční části lávky	2
1.1.1	Dolní pás	2
1.1.2	Horní pás.....	2
1.1.3	Diagonály	3
1.1.4	Příčnice	3
1.1.5	Podélné podmostvkové ztužení	3
1.1.6	Podélné ztužení horního pásu	4
1.2	Základní geometrie konstrukce	4
1.2.1	Pohled na lávku	4
1.2.2	Půdorys – mostovka	4
1.2.3	Půdorys – ztužení horního pásu	4
1.3	Výpočtový model	5
1.4	Zatížení	5
1.4.1	Stálé	5
1.4.2	Proměnné	5
1.5	Zatěžovací stavy.....	14
1.5.1	ZS1 – Vlastní tíha	14
1.5.2	ZS2 – Ostatní stálé zatížení	14
1.5.3	ZS3 – Zatížení davem chodců	15
1.5.4	ZS4 – Zatížení větrem ve směru x a -z	15
1.5.5	ZS5 – Zatížení větrem ve směru x a +z.....	16
1.6	Kombinace zatížení.....	17
1.7	Vlastní frekvence	17
1.7.1	Frekvence odpovídající vlastním tvarům vodorovného / krouživého kmitání	17
1.7.2	Frekvence odpovídající vlastním tvarům svislého kmitání	17
1.8	Výpis materiálu	18
2	Varianta B:	19
2.1	Konstrukční části lávky	19
2.1.1	Hlavní nosník	19
2.1.2	Oblouk	19
2.1.3	Závěsy	20
2.1.4	Příčnice	20
2.1.5	Podélníky	20
2.1.6	Podélné podmostvkové ztužení	20
2.1.7	Podélné ztužení oblouku	21
2.2	Základní geometrie konstrukce	21
2.2.1	Pohled na lávku	21
2.2.2	Půdorys – mostovka	21
2.2.3	Půdorys – ztužení oblouku	21
2.3	Výpočtový model	22
2.4	Zatížení	22
2.4.1	Stálé	22
2.4.2	Proměnné	22
2.5	Zatěžovací stavy.....	28

2.5.1	ZS1 – Vlastní tíha	28
2.5.2	ZS2 – Ostatní stálé zatížení	28
2.5.3	ZS3 – Zatížení davem chodců	29
2.5.4	ZS4 – Zatížení větrem ve směru x a -z	29
2.5.5	ZS5 – Zatížení větrem ve směru x a +z.....	29
2.6	Kombinace zatížení.....	30
2.7	Vlastní frekvence	30
2.7.1	Frekvence odpovídající vlastním tvarům vodorovného / kroutivého kmitání	30
2.7.2	Frekvence odpovídající vlastním tvarům svislého kmitání	30
2.8	Výpis materiálu	31
2.8.1	Ocelové konstrukční prvky	31
2.8.2	Dřevěné konstrukční prvky – lepené lamelové dřevo	31
2.8.3	Dřevěné konstrukční prvky – rostlé dřevo	31
3	Poznámky k volbě a dimenzování variant	32
3.1	Způsob dimenzování.....	32
3.2	Vývoj návrhu varianty A.....	32
3.3	Určení vzpěrné délky tlačného pásu původní varianty A	32
3.4	Určení vzpěrných délek oblouku varianty B	32
4	Porovnání variant	33
4.1	Dle ceny materiálu.....	33
4.1.2	Varianta A	33
4.1.3	Varianta B	33
4.2	Dle nátěrových ploch ocelových prvků.....	33
4.2.1	Varianta A	33
4.2.2	Varianta B	33
4.3	Dle pracnosti výroby a realizace	34
4.3.1	Varianta A	34
4.3.2	Varianta B	34
4.4	Dle estetiky a zasazení do okolního terénu	34
4.4.1	Varianta A	34
4.4.2	Varianta B	34
4.5	Dle dynamického chování.....	34
4.5.1	Varianta A	34
4.5.2	Varianta B	34
4.5	Vyhodnocení.....	35

0 Zkratky

V tomto dokumentu byly pro přehlednost použity následující zkratky:

- EC0** zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1990
- EC1** zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1991
- EC3** zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1993
- EC5** zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1995

1 Varianta A:

Lávka pro pěší a cyklisty o jednom poli, přemostující řeku Dřevnici ve Zlíně. Jedná se o příhradovou konstrukci s dolní mostovkou a zakřiveným horním pásem. Lávka přemostuje rozpětí délky 35 m a šířka konstrukce je přibližně 3.5 m. Výška konstrukce je proměnná od 3 m až po 4 m uprostřed rozpětí. Umístění lávky nad terénem se zároveň odvíjí od návrhového průtoku Q100, který překonává.

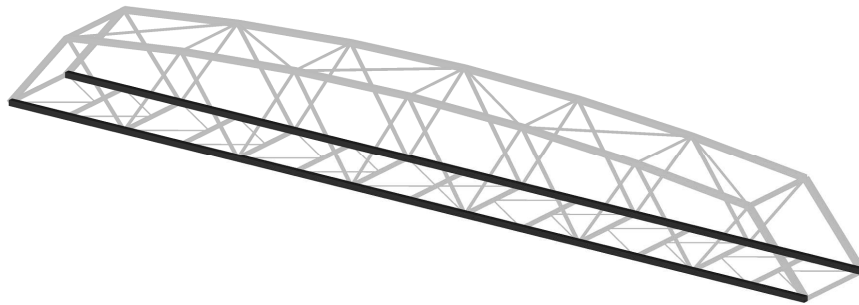
Mostovka konstrukce je tvořena pomocí příčníků, mostovkového plechu s výztuhami a podmostvkovým ztužením. Pásové a výplňové pruty jsou tvořeny z uzavřených profilů. Zavětrování horních pásů je tvořeno krajními vzpěrami, výplňovými příčlemi a diagonálami ztužení z uzavřených profilů.

Celá konstrukce lávky je navržena z oceli S355 a je uložena na 4 elastomerových ložiscích s odpovídajícími stupni volnosti. Ložiska jsou osazena na betonových opěrách.

1.1 Konstrukční části lávky

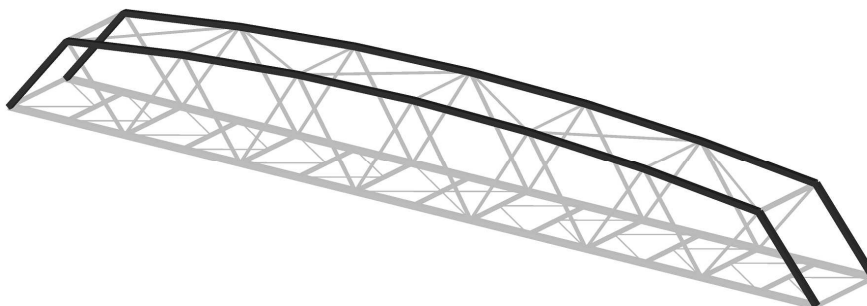
1.1.1 Dolní pás

Dolní pásy celé konstrukce lávky jsou tvořeny pomocí profilů TR4HR 220x6.3. Délka profilů odpovídá rozpětí lávky 35 m.



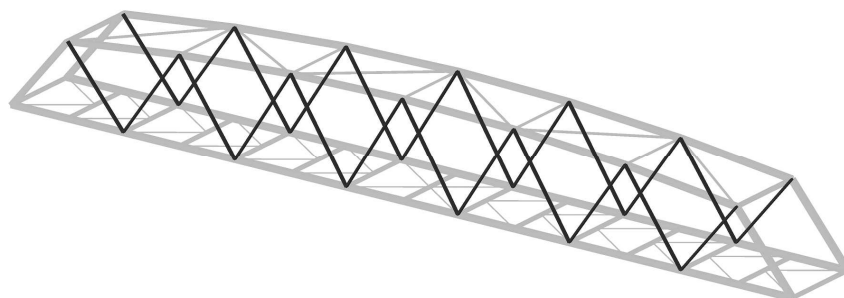
1.1.2 Horní pás

Horní pásy a dolní pásy jsou tvořeny stejnými profily, tedy TR4HR 220x6.3. Horní pás je tvořen krajními diagonálami délky 3.905 m a navazujícími zakřivenými pruty o vzezření 1 m a délky 30.089 m.



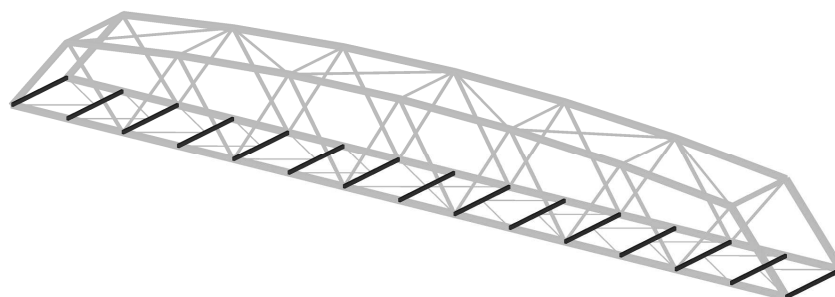
1.1.3 Diagonály

Jednotlivé diagonály jsou tvořeny profily TROBD 140x80x4. Pruty diagonál jsou navařeny na pruty pásové a jsou orientovány tak, aby příčný vítr působil kolmo na menší rozměr obdélníkových profilů. Délky prutů jsou v rozmezí 3.905 m a 4.717 m.



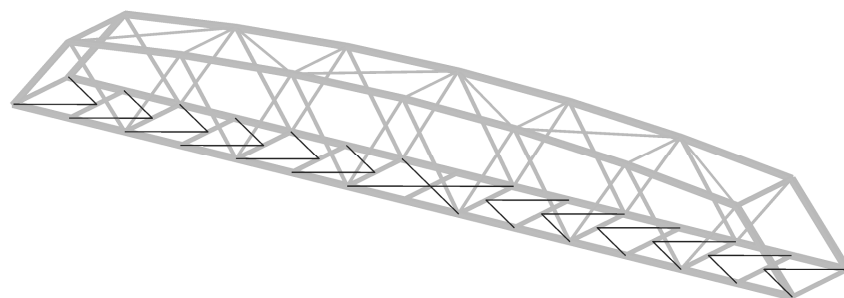
1.1.4 Příčníky

Příčníky jsou tvořeny pomocí profilů TROBD 150x100x4 délky 3.5 m. Příčníky jsou navařeny na pruty dolních pásů. Na příčníky jsou pak navařeny mostovkové plechy s výztuhami.



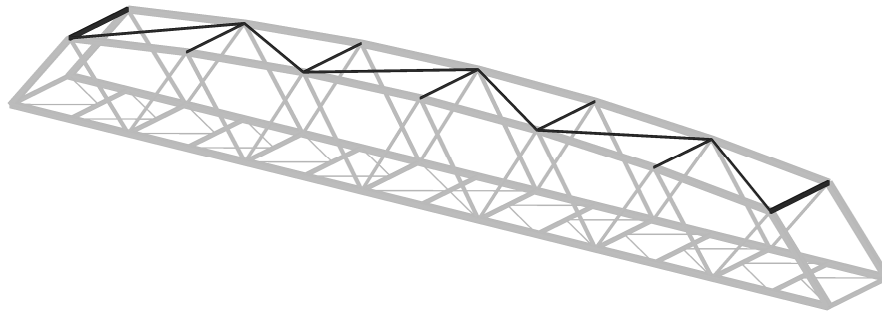
1.1.5 Podélné podmostovkové ztužení

Ztužení tvoří polopříčková soustava, která je tvořena z profilů TR Ø48.3x3.2 délky 3.052 m. Jednotlivé pruty jsou navařeny na příčníky a dolní pásy za pomoci styčnickových plechů.



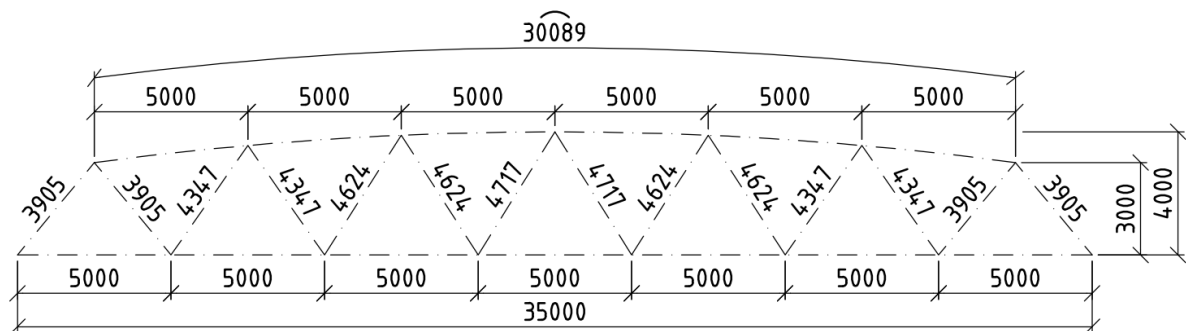
1.1.6 Podélné ztužení horního pásu

Ztužení je tvořeno za pomoci krajních vzpěr, tvořených z profilů TROBD 180x100x6.3 délky 3.5 m a za pomoci výplňových příčí a diagonál ztužení z profilů TROBD 90x50x3.2 délek 3.5 m a 6.104 m. Všechny tyto pruty jsou navaženy k horním pásům lávky.

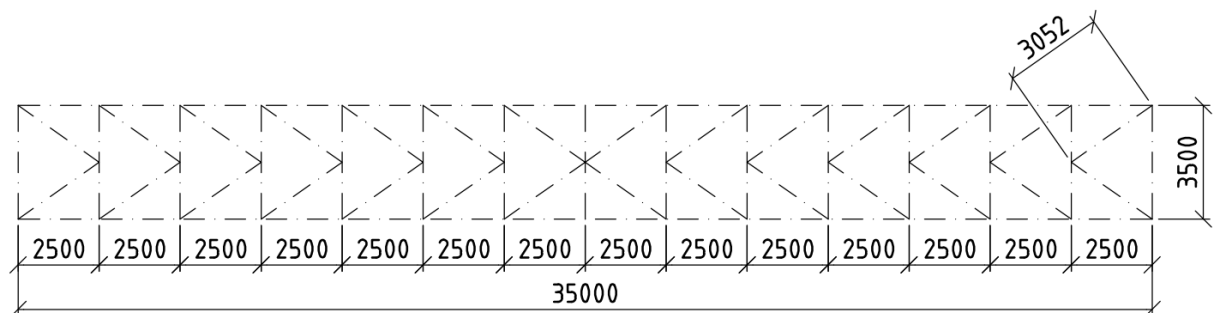


1.2 Základní geometrie konstrukce

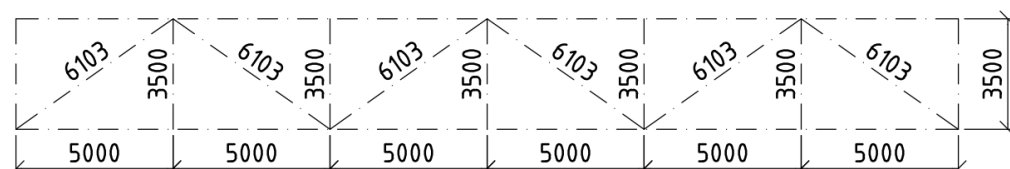
1.2.1 Pohled na lávku



1.2.2 Půdorys – mostovka



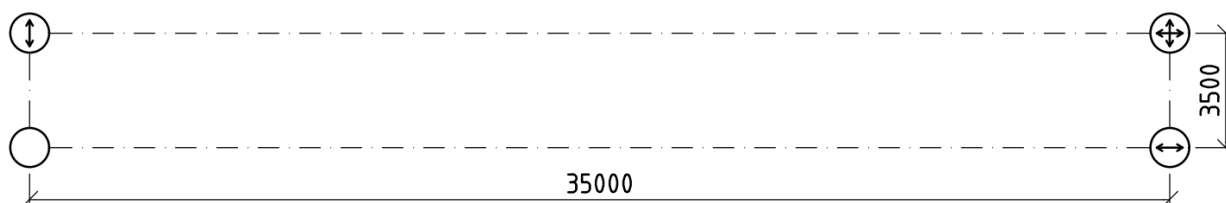
1.2.3 Půdorys – ztužení horního pásu



1.3 Výpočtový model

Celý výpočtový model byl vytvořen jako prutový za pomoci softwaru Dlubal RFEM. Pásové pruty, příčníky a krajní vzpěry ztužení horního pásu tvoří pruty typu nosník znemožňující uzlová pootočení. Diagonály hlavních příhradových nosníků a ostatní ztužující pruty jsou pak tvořeny pruty příhradovými, umožňujícími uzlová pootočení.

Uložení na ložiska je modelováno za pomoci čtyř bodových podpor, z nichž jedna je navržena jako všesměrná, dvě podpory umožňují pohyb v jednom vodorovném směru a poslední podpora je navržena jako pevná. Všechny podpory umožňují pootočení kolem obou horizontálních os a znemožňují pohyb vertikální. Pro rozmístění jednotlivých ložisek viz půdorysné schéma níže.



1.4 Zatížení

1.4.1 Stálé

1.4.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována automaticky pomocí softwaru Dlubal RFEM.

1.4.1.2 Ostatní stálé

Zatížení od mostovkové plechu tloušťky 8 mm a hydroizolace TARCO tloušťky 10 mm:

$$g_k = 78 \cdot 0.008 + 12 \cdot 0.010 = 0.75 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od zábradlí (odhad):

$$g_k = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

1.4.2 Proměnné

1.4.2.1 Zatížení davem chodců

Pro výběr varianty je uvažováno rovnoměrné zatížení včetně dynamického součinitele:

$$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}$$

1.4.2.2 Zatížení větrem

Souhrnné parametry:

Větrná oblast a kategorie terénu:

Lokalita: Zlín

Větrná oblast: I

Kategorie terénu: III

Základní rychlost větru:

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 22.5 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru:

$$C_{dir} = 1.0$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} = 1.0$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} C_{season} v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 22.5 \text{ m/s}$$

Parametry dle kategorie terénu:

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0.3 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu (kategorie terénu II):

$$z_{0,II} = 0.05 \text{ m}$$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0.3}{0.05} \right)^{0.07} = 0.215$$

Měrná hmotnost vzduchu:

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel konstrukce (pro mosty o rozpětí < 40 m):

$$C_s C_d = 1.0$$

Základní dynamický tlak:

$$q_b = 0.5 \rho v_b^2 = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 = 316 \text{ N/m}^2$$

Zatížení mostovky:Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 5.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.215 \cdot \ln \left(\frac{5.5}{0.3} \right) = 0.627$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z)C_0(z)v_b = 0.627 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 14.1 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{5.5}{0.3}\right)} = 0.344$$

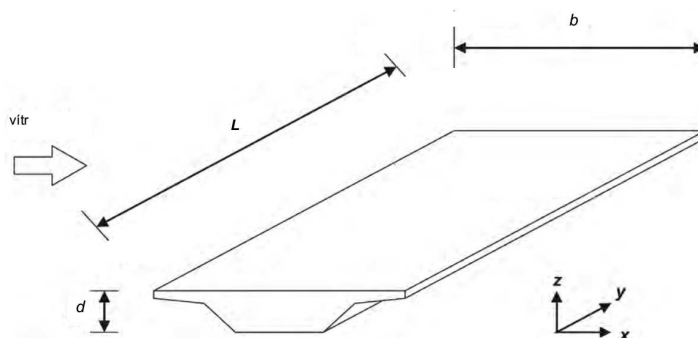
Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z))0.5\rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.344) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 14.1^2 = 423 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{423}{316} = 1.34$$

Zatížení mostovky ve směru x:



Šířka mostovky:

$$b = 3.72 \text{ m}$$

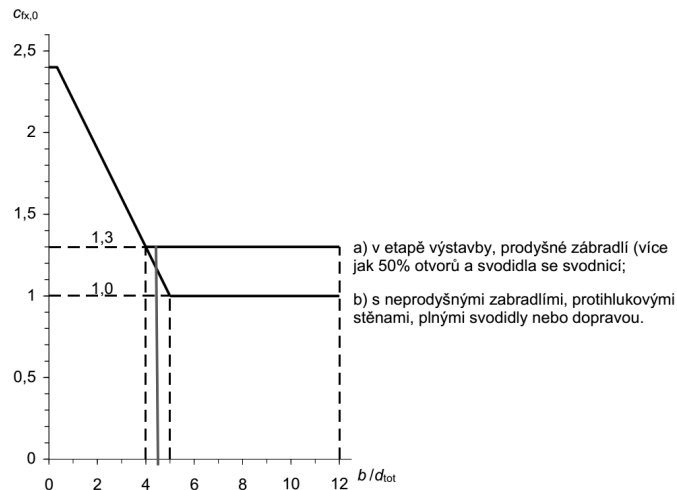
Výška mostovky (včetně dvou prodyšných zábradlí):

$$d_{tot} = 0.22 + 2 \cdot 0.3 = 0.82 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky:

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{3.72}{0.82} = 4.54$$

Referenční součinitel sil pro mostovku:



$$C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel sil pro mostovku:

$$C_{fx} = C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel zatížení větrem:

$$C_x = C_e C_{fx} = 1.34 \cdot 1.3 = 1.74$$

Zatížení mostovky ve směru x:

$$f_{w,x} = 0.5 \rho v_b^2 C_x d_{tot} = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 \cdot 1.74 \cdot 0.82 = 451 \text{ N/m}$$

Zatížení mostovky ve směru z:

Součinitel sil:

$$C_{f,z} = 0.9$$

Zatížení mostovky ve směru z:

$$f_{w,z} = \pm q_p(z) C_{f,z} = \pm 423 \cdot 0.9 = \pm 381 \text{ N/m}^2$$

Zatížení krajních diagonál a oblouku:

Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 9.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.215 \cdot \ln \left(\frac{9.5}{0.3} \right) = 0.744$$

Součinitel ortografie ve výšce z :

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z :

$$v_m(z) = C_r(z)C_0(z)v_b = 0.744 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 16.7 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z :

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{9.5}{0.3}\right)} = 0.289$$

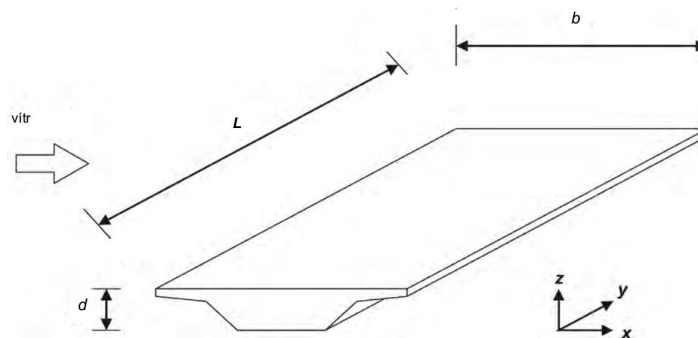
Maximální dynamický tlak ve výšce z :

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z))0.5\rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.289) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 16.7^2 = 530 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{530}{316} = 1.68$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x :



Výška profilu (rozměr kolmý ke směru větru):

$$b = 0.22 \text{ m}$$

Výška profilu (rozměr rovnoběžný se směrem větru):

$$d = 0.22 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky profilu:

$$\frac{d}{b} = \frac{0.22}{0.22} = 1.00$$

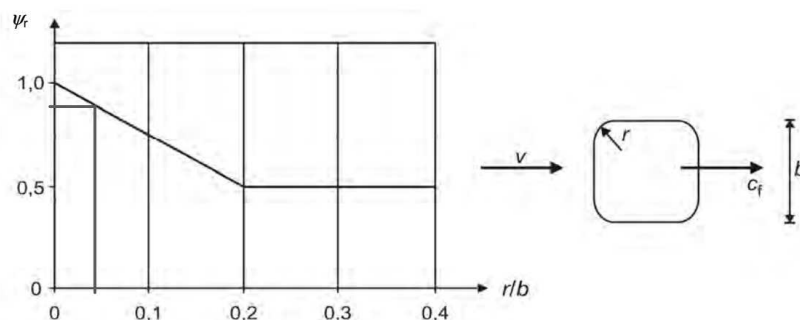
Poloměr zaoblení rohu profilu:

$$r = 0.0095 \text{ m}$$

Poměr poloměru zaoblení a výšky profilu:

$$\frac{r}{b} = \frac{0.0095}{0.22} = 0.043$$

Redukční součinitel pro čtvercové profily se zaoblenými rohy:



$$\psi_r = 0.892$$

Efektivní štíhlost:

$$\lambda = \min\left(2 \cdot \frac{l}{b}; 70\right) = \min\left(2 \cdot \frac{35}{0.22}; 70\right) = 70$$

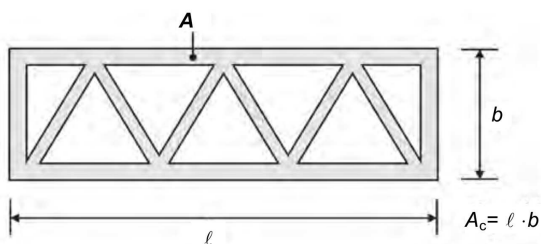
Součet průmětů ploch prvků:

$$A = 20.1 \text{ m}^2$$

Celková plocha obálky:

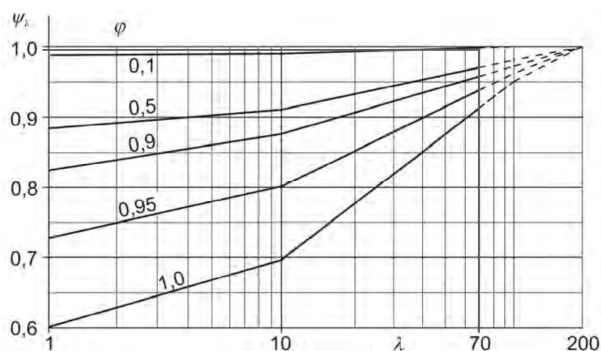
$$A_c = 125.6 \text{ m}^2$$

Součinitel plnosti:



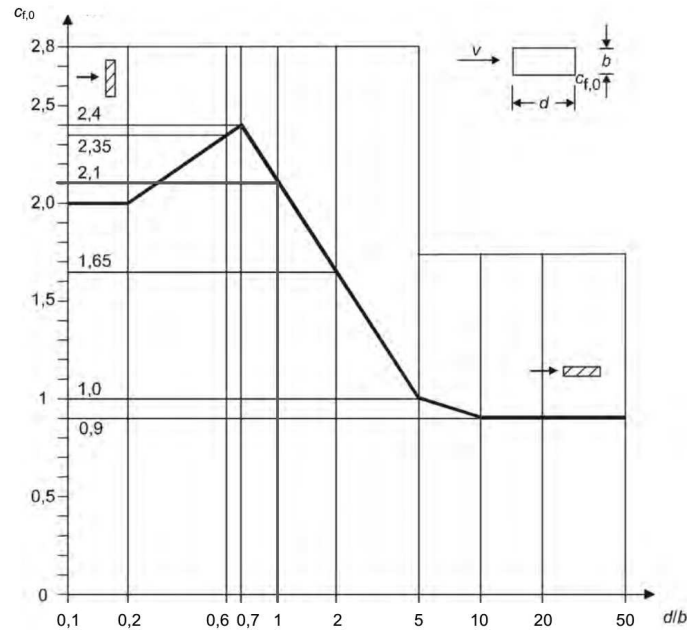
$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{20.1}{125.6} = 0.16$$

Součinitel koncového efektu pro obdélníkové profily:



$$\psi_\lambda = 0.99$$

Referenční součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:



$$C_{fx,0} = 2.1$$

Součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:

$$C_{fx} = C_{fx,0} \psi_r \psi_\lambda = 2.1 \cdot 0.892 \cdot 0.99 = 1.86$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

$$f_{w,x} = C_s C_d C_{fx} q_p(z) b = 1.0 \cdot 1.86 \cdot 530 \cdot 0.22 = 216 \text{ N/m}$$

Zatížení výplňových prutů příhradoviny:

Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 7.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.215 \cdot \ln\left(\frac{7.5}{0.3}\right) = 0.693$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z) C_0(z) v_b = 0.693 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 15.6 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z :

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{7.5}{0.3}\right)} = 0.311$$

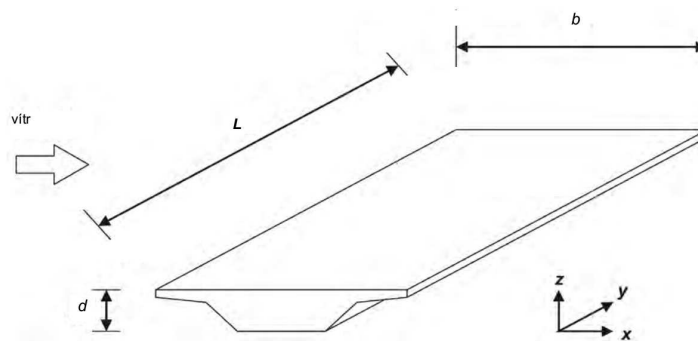
Maximální dynamický tlak ve výšce z :

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z))0.5\rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.311) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 15.6^2 = 483 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{483}{316} = 1.53$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x :



Výška profilu (rozměr kolmý ke směru větru):

$$b = 0.08 \text{ m}$$

Výška profilu (rozměr rovnoběžný se směrem větru):

$$d = 0.14 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky profilu:

$$\frac{d}{b} = \frac{0.14}{0.08} = 1.75$$

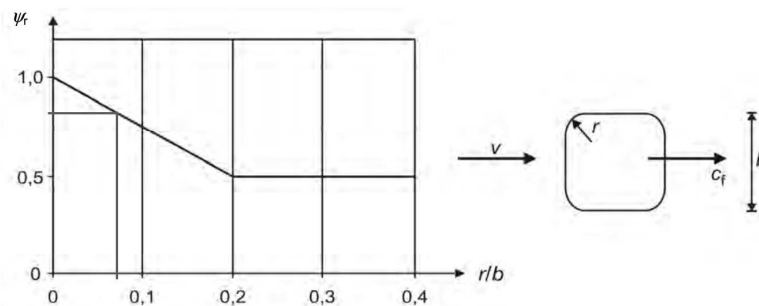
Poloměr zaoblení rohu profilu:

$$r = 0.006 \text{ m}$$

Poměr poloměru zaoblení a výšky profilu:

$$\frac{r}{b} = \frac{0.006}{0.08} = 0.075$$

Redukční součinitel pro čtvercové profily se zaoblenými rohy:



$$\psi_r = 0.813$$

Efektivní štíhlost:

$$\lambda = \min\left(2 \cdot \frac{l}{b}; 70\right) = \min\left(2 \cdot \frac{3.905}{0.08}; 70\right) = 70$$

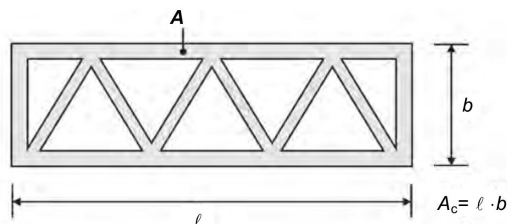
Součet průmětů ploch prvků:

$$A = 20.1 \text{ m}^2$$

Celková plocha obálky:

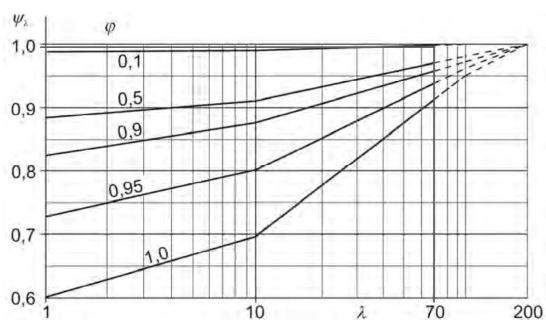
$$A_c = 125.6 \text{ m}^2$$

Součinitel plnosti:



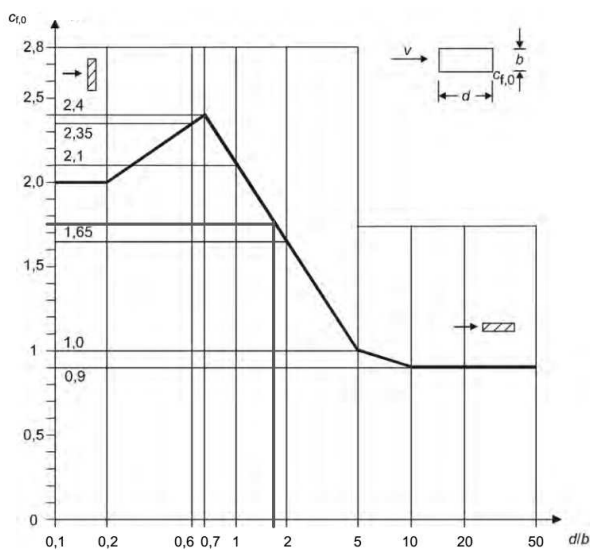
$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{20.1}{125.6} = 0.16$$

Součinitel koncového efektu pro obdélníkové profily:



$$\psi_\lambda = 0.99$$

Referenční součinitel sil pro výplňové pruty příhradoviny:



$$C_{fx,0} = 1.73$$

Součinitel sil pro výplňové pruty příhradoviny:

$$C_{fx} = C_{fx,0} \psi_r \psi_\lambda = 1.73 \cdot 0.813 \cdot 0.99 = 1.39$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

$$f_{w,x} = C_s C_d C_{fx} q_p(z) b = 1.0 \cdot 1.39 \cdot 483 \cdot 0.08 = 54 \text{ N/m}$$

1.5 Zatěžovací stavy

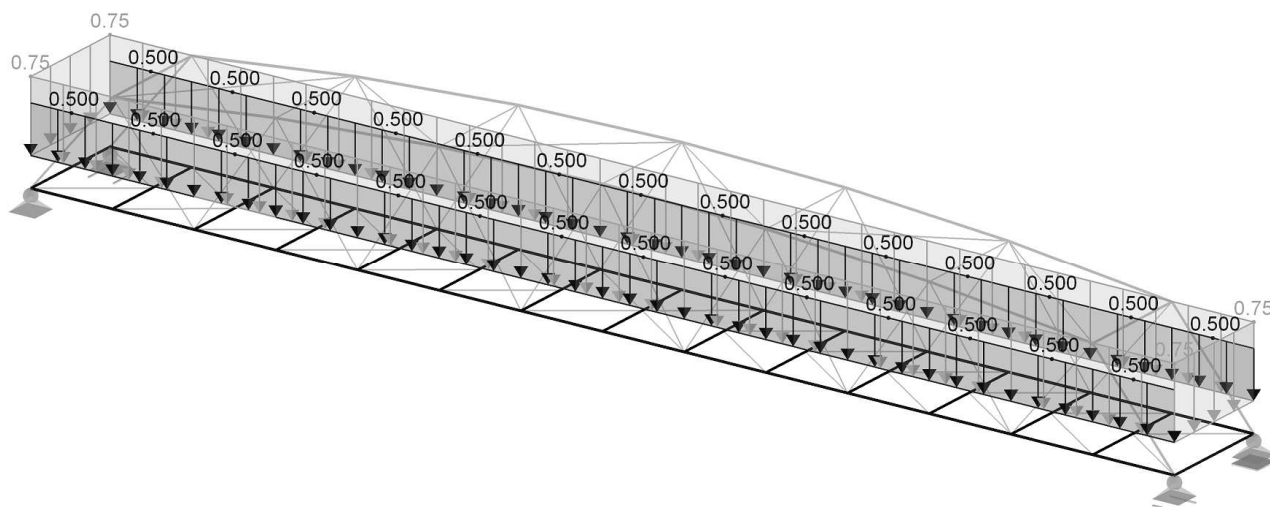
Pro porovnání variant a výběr výsledné varianty jsou použita pouze vybraná zatížení, jež jsou aplikována v zatěžovacích stavech dle tabulky.

zatěžovací stav	popis	kategorie účinků
ZS1	vlastní tíha	Stálé
ZS2	ostatní stálé zatížení	Stálé
ZS3	zatížení davem chodců	gr1
ZS4	zatížení větrem ve směru x a -z	Zatížení větrem – F_{wk}
ZS5	zatížení větrem ve směru x a +z	Zatížení větrem – F_{wk}

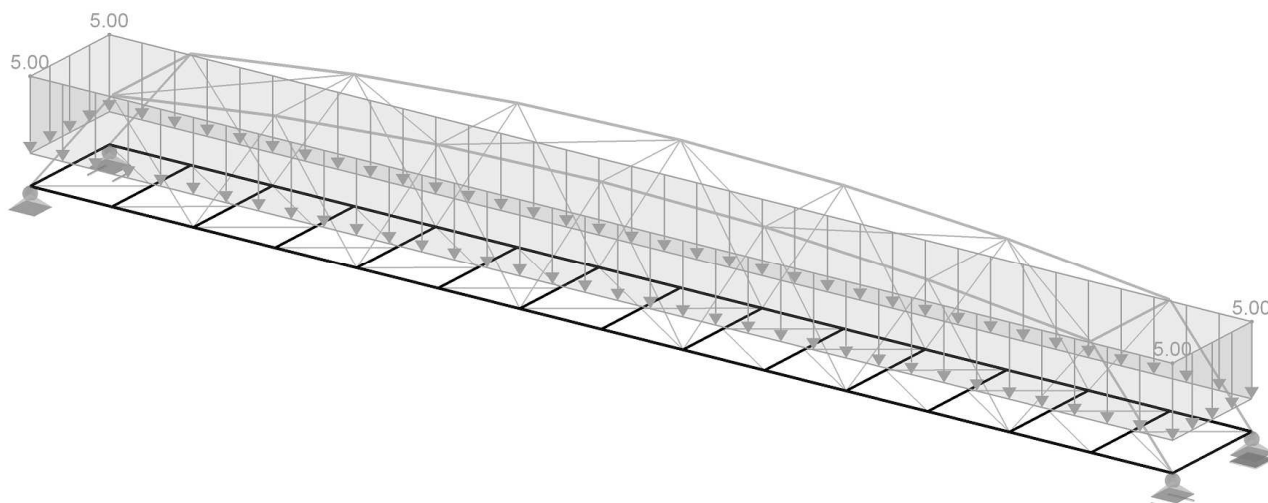
1.5.1 ZS1 – Vlastní tíha

Zatížení generováno softwarově dle použitého průřezu a jeho délky.

1.5.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení

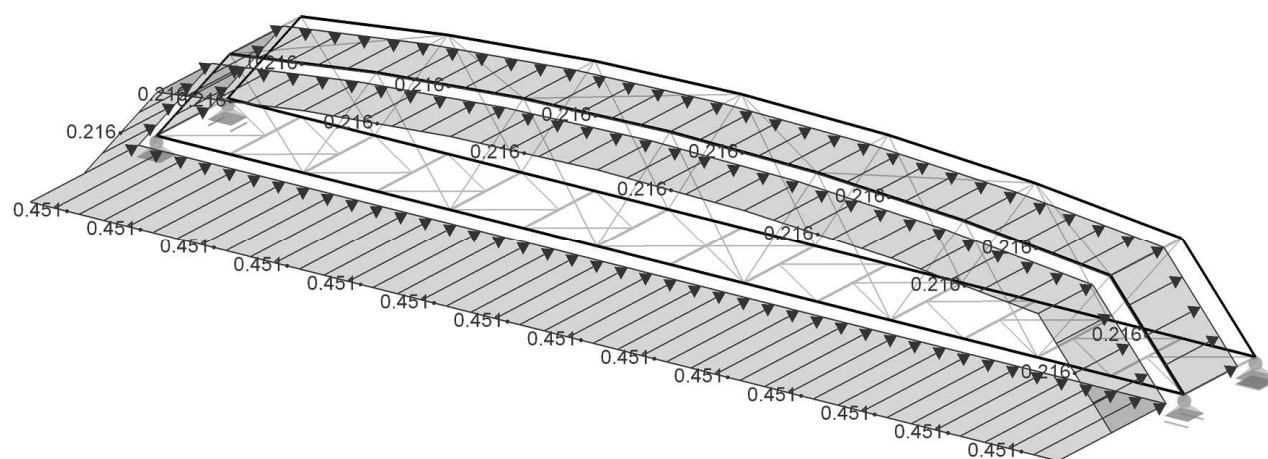


1.5.3 ZS3 – Zatížení davem chodců

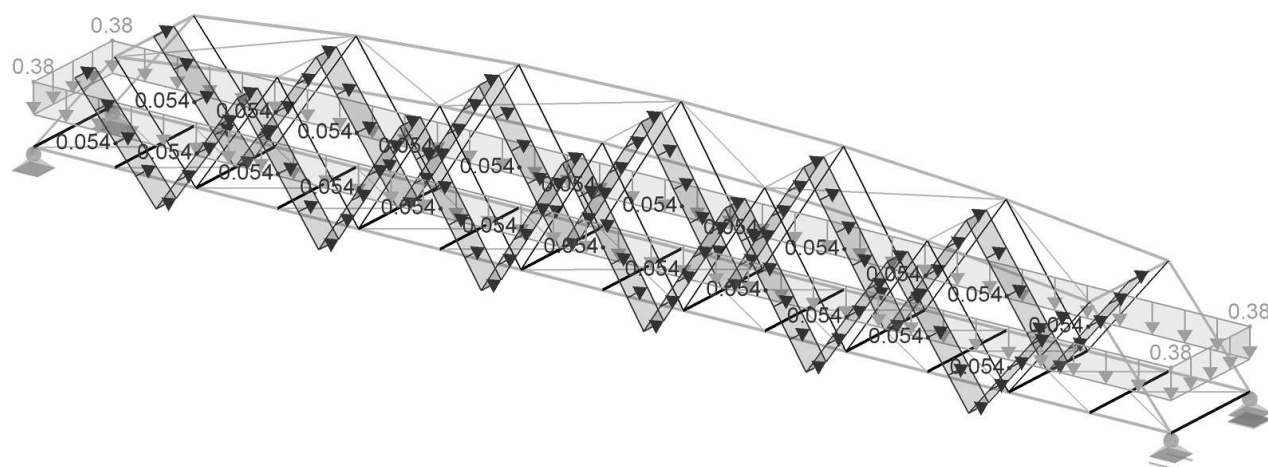


1.5.4 ZS4 – Zatížení větrem ve směru x a -z

Pásové pruty:

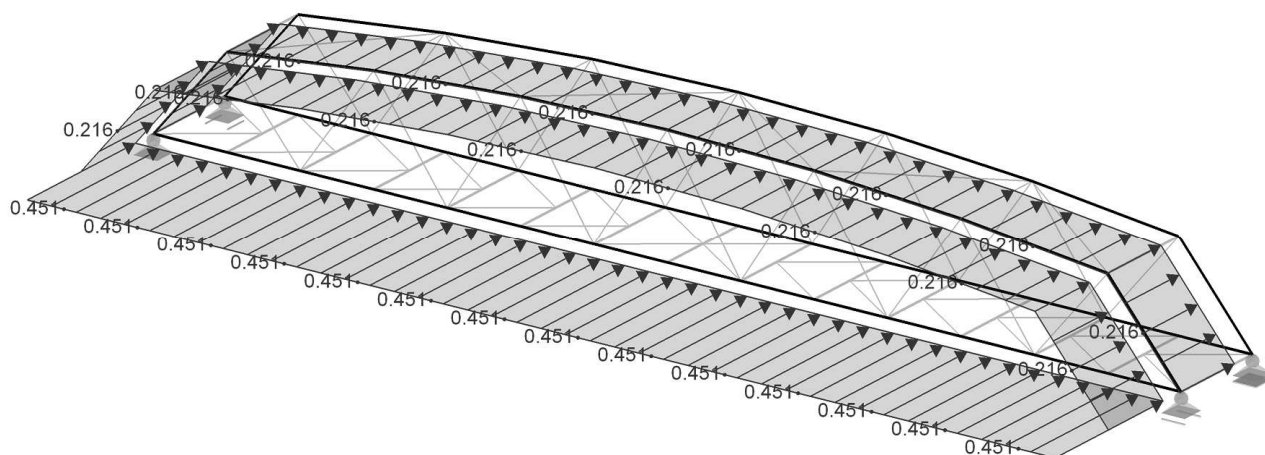


Diagonály a mostovka:

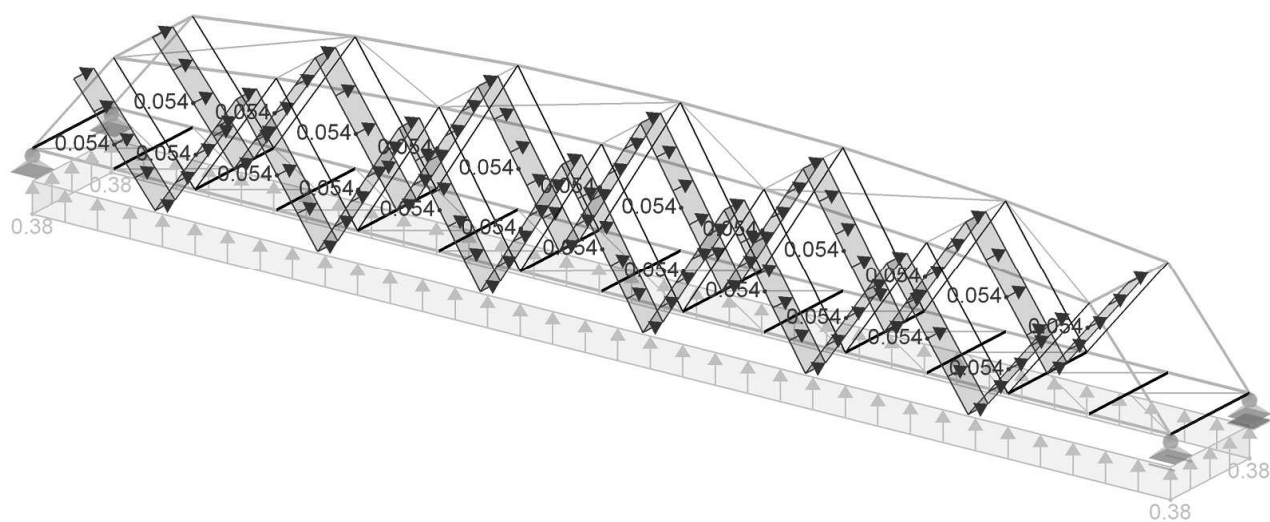


1.5.5 ZS5 – Zatížení větrem ve směru x a +z

Pásové pruty:



Diagonály a mostovka:



1.6 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly stanoveny dle Eurocode 0 a jeho příloh, výpis jednotlivých kombinací pro ověření MSÚ a MSP je uveden v tabulce níže.

kombinace zatížení	klíč kombinace	komentář
KZ1	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ2	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ3	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ4	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ5	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ6	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ7	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS4$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ8	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ9	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS4$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ10	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS5$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ11	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ12	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ13	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle ECO (6.10a/b) - návrhová
KZ14	$ZS1 + ZS2$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ15	$ZS1 + ZS2 + ZS4$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ16	$ZS1 + ZS2 + ZS5$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ17	$ZS1 + ZS2 + 0.4 \cdot ZS3 + ZS4$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ18	$ZS1 + ZS2 + 0.4 \cdot ZS3 + ZS5$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ19	$ZS1 + ZS2 + ZS3$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ20	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.3 \cdot ZS4$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická
KZ21	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.3 \cdot ZS5$	MSP dle ECO (6.14b) - charakteristická

1.7 Vlastní frekvence

1.7.1 Frekvence odpovídající vlastním tvarům vodorovného / krouživého kmitání

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	3.524
2	4.036
3	8.018
4	8.598
5	9.333

1.7.2 Frekvence odpovídající vlastním tvarům svislého kmitání

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	5.225
2	9.163
3	10.473
4	10.551
5	10.999

1.8 Výpis materiálu

Položka č.	Označení průřezu	Počet prutů	Délka [m]	Celk. dl. [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Měr. hm. [kg/m]	Hmotnost [kg]	Celk. hm. [t]
1	TR4HR 220x6.3	2	35.00	70.00	60.48	0.37	41.92	1467.20	2.934
2	TR4HR 220x6.3	4	3.91	15.64	13.51	0.08	41.92	163.91	0.656
3	TR4HR 220x6.3	2	30.09	60.18	52.00	0.32	41.92	1261.37	2.523
4	TROBD 140x80x4	4	3.91	15.64	6.73	0.03	13.19	51.57	0.206
5	TROBD 140x80x4	8	4.35	34.80	14.96	0.06	13.19	57.38	0.459
6	TROBD 140x80x4	8	4.62	36.96	15.89	0.06	13.19	60.94	0.488
7	TROBD 140x80x4	4	4.72	18.88	8.12	0.03	13.19	62.26	0.249
8	TROBD 150x100x4	15	3.50	52.50	25.73	0.10	15.07	52.75	0.791
9	TR Ø48.3x3.2	28	3.05	85.40	12.98	0.04	3.56	10.86	0.304
10	TROBD 180x100x6.3	2	3.50	7.00	3.78	0.02	26.14	91.49	0.183
11	TROBD 90x50x3.2	2	6.13	12.26	3.31	0.01	6.63	40.64	0.081
12	TROBD 90x50x3.2	2	6.11	12.22	3.30	0.01	6.63	40.51	0.081
13	TROBD 90x50x3.2	2	6.10	12.20	3.29	0.01	6.63	40.44	0.081
14	TROBD 90x50x3.2	5	3.50	17.50	4.73	0.01	6.63	23.21	0.116
Celkem		84		451.18	228.80	1.16			9.152

2 Varianta B:

Lávka pro pěší a pro cyklisty o jednom poli, přemostující řeku Dřevnici ve Zlíně. Jedná se o obloukovou lávku se zavěšenou dolní mostovkou. Lávka přemostuje rozpětí délky 35 m a šířka konstrukce je přibližně 3.5 m. Výška konstrukce v jejím nejvyšším bodě je 5.5 m. Umístění lávky nad terénem se zároveň odvíjí od návrhového průtoku Q100, který překonává.

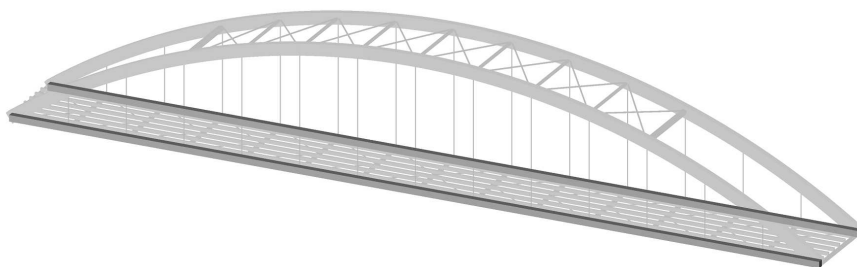
Mostovka konstrukce je prvková, tvořená pomocí příčníků z uzavřených ocelových profilů, dřevěných obdélníkových podélníků a dřevěné pochozí plochy. Hlavní nosníky a oblouky jsou tvořeny dřevěnými obdélníkovými profily. Závěsy jsou tvořeny tyčovými profily, zavětrování oblouků je tvořeno krajními vzpěrami, výplňovými příčlemi a diagonálami ztužení z uzavřených profilů. Podmostovkové ztužení je tvořeno uzavřenými profily.

Oblouky a hlavní nosníky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL 32h, podélníky jsou z rostlého dřeva pevnostní třídy C22, pochozí plocha mostovky je tvořena fošnami z dubového dřeva. Závěsy jsou tvořeny profily z oceli Macalloy S460 (pro vlastnosti viz **Část E – Přílohy**) a ostatní ocelové části konstrukce jsou navrženy z oceli S355. Celá konstrukce je uložena na 4 elastomerových ložiscích s odpovídajícími stupni volnosti. Ložiska jsou osazena na betonových opěrách.

2.1 Konstrukční části lávky

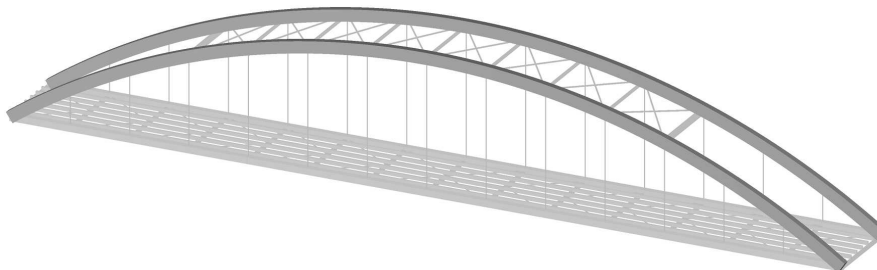
2.1.1 Hlavní nosník

Hlavní nosníky celé konstrukce lávky jsou tvořeny pomocí obdélníkových profilů 265x270 z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL 32h. Délka profilů odpovídá rozpětí lávky 35 m.



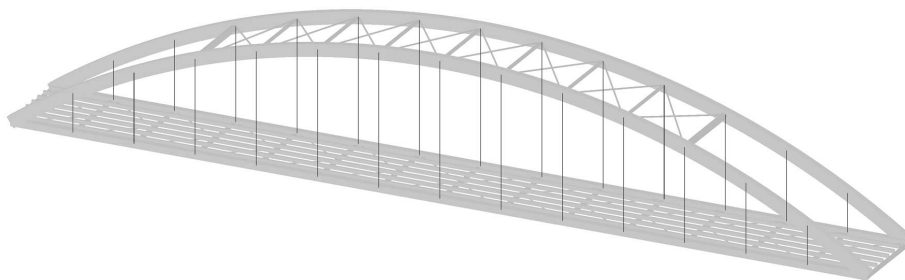
2.1.2 Oblouk

Oblouky jsou z důvodu návaznosti na hlavní nosníky tvořeny profily stejné šířky, konkrétně obdélníkovými profily 265x495 z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL 32h. Oblouk má celkovou délku 37.261 m, poloměr zakřivení oblouku je 30.591 m (ke střednici profilu) a vzepětí oblouku je 5.5 m.



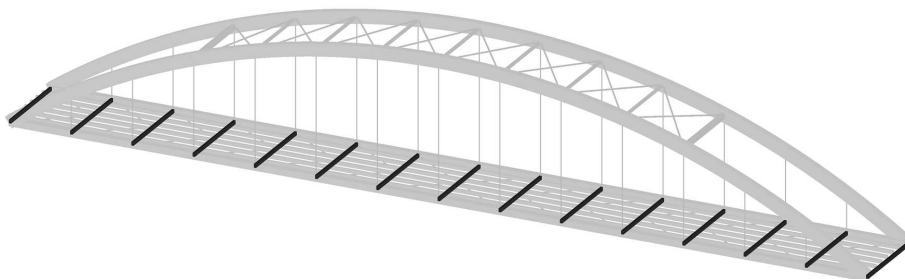
2.1.3 Závěsy

Jednotlivé závěsy jsou tvořeny tyčovými profily KR 20 z oceli Macalloy S460. Profily jsou proměnné délky 1.57 m až 5.5 m.



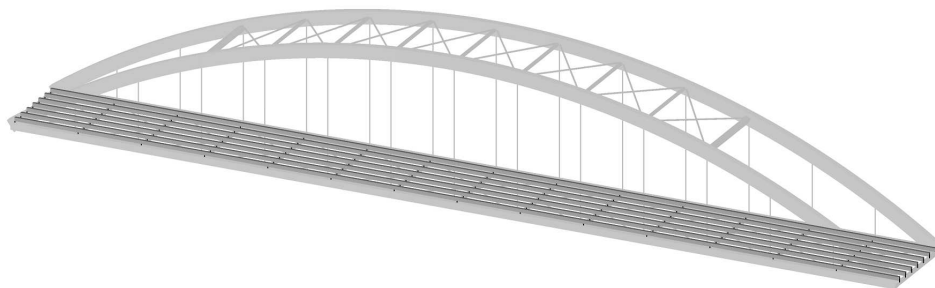
2.1.4 Příčnický

Příčnický jsou tvořeny pomocí profilů TROBD 150x100x5 z oceli S355 a mají délku 3.5 m. Příčnický jsou připojeny pomocí čelních desek na pruty dolních pásů.



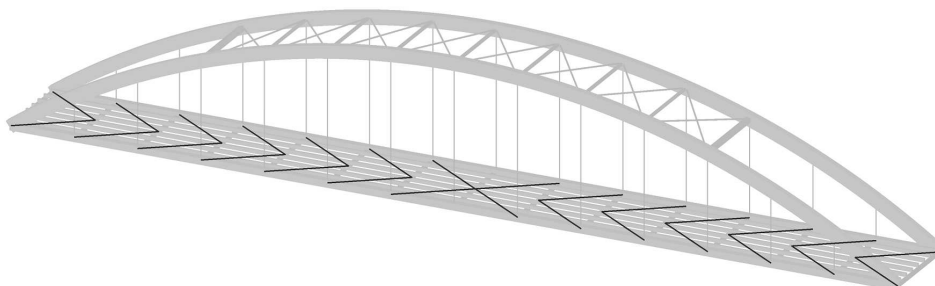
2.1.5 Podélníky

Podélníky jsou z obdélníkových profilů 100x140 z rostlého dřeva pevnostní třídy C22 a mají délku 2.5 m. Podélníky jsou uloženy na příčnicích a na podélnicích je uložena pochozí vrstva z dubových fošen.



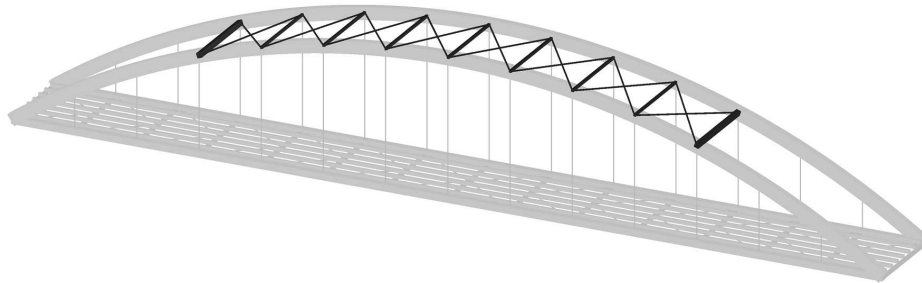
2.1.6 Podélné podmostovkové ztužení

Ztužení tvoří polopříčková soustava, která je tvořena z profilů TR Ø48.3x3.2 z oceli S355 délky 3.052 m. Jednotlivé pruty jsou navařeny pomocí styčnickových plechů k příčnicím a k styčnickovým deskám připojů příčniců na hlavní nosníky.



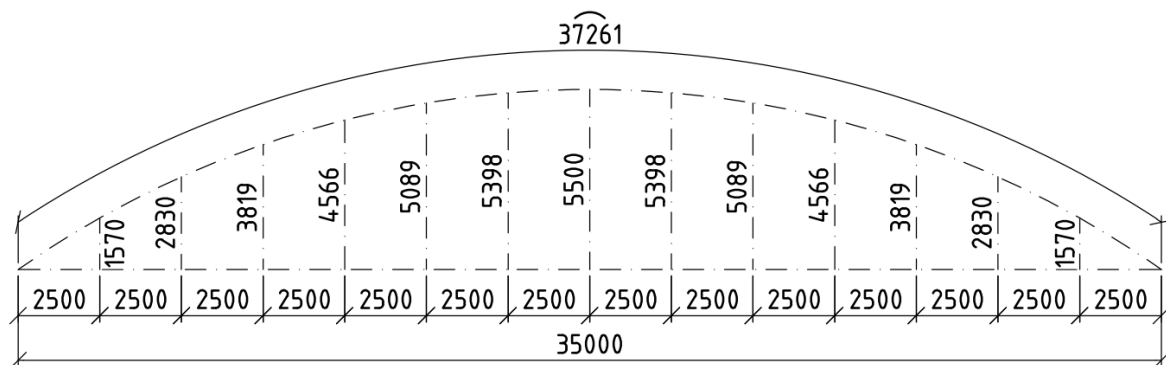
2.1.7 Podélné ztužení oblouku

Ztužení je tvořeno za pomoci krajních portálových vzpěr, tvořených z profilů TR4HR 200x8 a za pomoci výplňových příčlů z profilů TR4HR 100x4 délky 3.5 m. Diagonály ztužení jsou z profilů TR Ø60.3x5 délky 2.167 m a jsou vzájemně připojeny na mezilehlý styčnickový plech. Krajiní portálové vzpěry a výplňové příčle jsou připojeny k obloukům skrze styčnickové desky. Diagonály ztužení jsou navařeny pomocí styčnickových plechů k portálovým vzpěrám nebo výplňovým příčlím a k styčnickovým deskám jejich přípojů na hlavní nosníky. Všechny profily jsou z oceli S355.

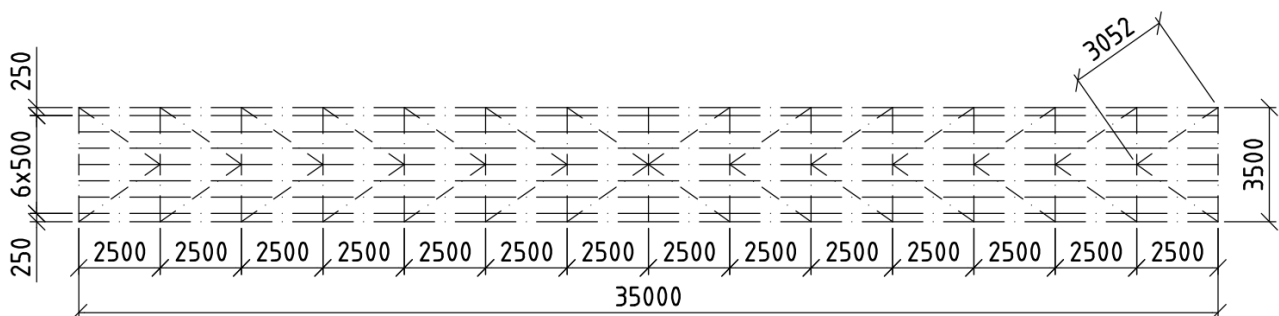


2.2 Základní geometrie konstrukce

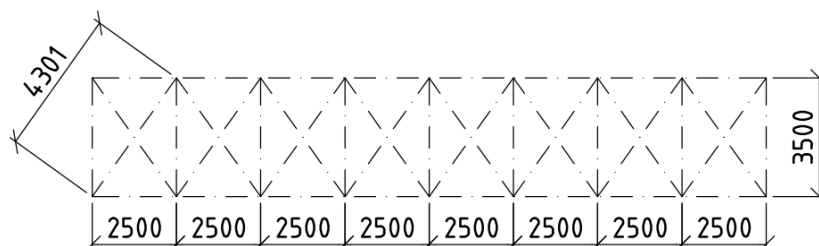
1.2.1 Pohled na lávku



2.2.2 Pūdorys – mostovka



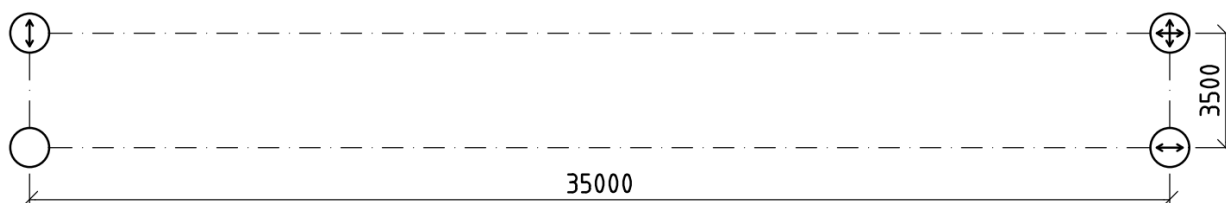
2.2.3 Půdorys – ztužení oblouku



2.3 Výpočtový model

Celý výpočtový model byl vytvořen jako prutový za pomoci softwaru Dlubal RFEM. Oblouky, hlavní nosníky, příčníky, podélníky, portálové vzpěry a výplňové příče ztužení oblouků tvoří pruty typu nosník znemožňující uzlová pootočení. Ostatní ztužující pruty jsou tvořeny pruty příhradovými, umožňujícími uzlová pootočení. Závěsy jsou modelovány jako tahové pruty.

Uložení na ložiska je modelováno za pomoci čtyř bodových podpor, z nichž jedna je navržena jako všesměrná, dvě podpory umožňují pohyb v jednom vodorovném směru a poslední podpora je navržena jako pevná. Všechny podpory umožňují pootočení kolem obou horizontálních os a znemožňují pohyb vertikální. Pro rozmístění jednotlivých ložisek viz půdorysné schéma níže.



2.4 Zatížení

2.4.1 Stálé

2.4.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována automaticky pomocí softwaru Dlubal RFEM.

2.4.1.2 Ostatní stálé

Zatížení od pochozí vrstvy – fošny tl. 50 mm z dubového dřeva hustoty $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$:

$$g_k = 10 \cdot 0.05 = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od zábradlí (odhad):

$$g_k = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

2.4.2 Proměnné

2.4.2.1 Zatížení davem chodců

Pro výběr varianty je uvažováno rovnoměrné zatížení včetně dynamického součinitele:

$$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}$$

2.4.2.2 Zatížení větrem

Souhrnné parametry:

Větrná oblast a kategorie terénu:

Lokalita: Zlín

Větrná oblast: I

Kategorie terénu: III

Základní rychlost větru:

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 22.5 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru:

$$C_{dir} = 1.0$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} = 1.0$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} C_{season} v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 22.5 \text{ m/s}$$

Parametry dle kategorie terénu:

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0.3 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu (kategorie terénu II):

$$z_{0,II} = 0.05 \text{ m}$$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0.3}{0.05} \right)^{0.07} = 0.215$$

Měrná hmotnost vzduchu:

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel konstrukce (pro mosty o rozpětí < 40 m):

$$C_s C_d = 1.0$$

Základní dynamický tlak:

$$q_b = 0.5 \rho v_b^2 = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 = 316 \text{ N/m}^2$$

Zatížení mostovky:Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 5.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.215 \cdot \ln \left(\frac{5.5}{0.3} \right) = 0.627$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z)C_0(z)v_b = 0.627 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 14.1 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{5.5}{0.3}\right)} = 0.344$$

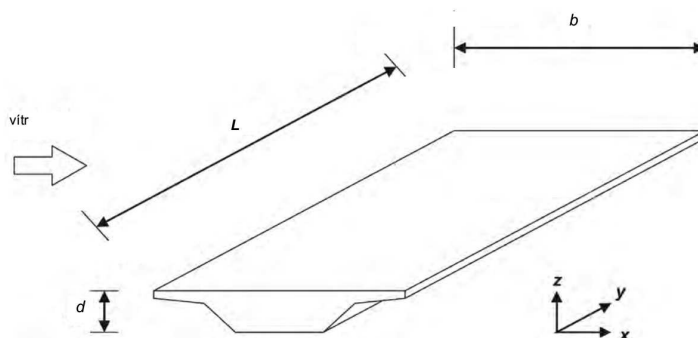
Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z))0.5\rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.344) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 14.1^2 = 423 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{423}{316} = 1.34$$

Zatížení mostovky ve směru x:



Šířka mostovky:

$$b = 3.765 \text{ m}$$

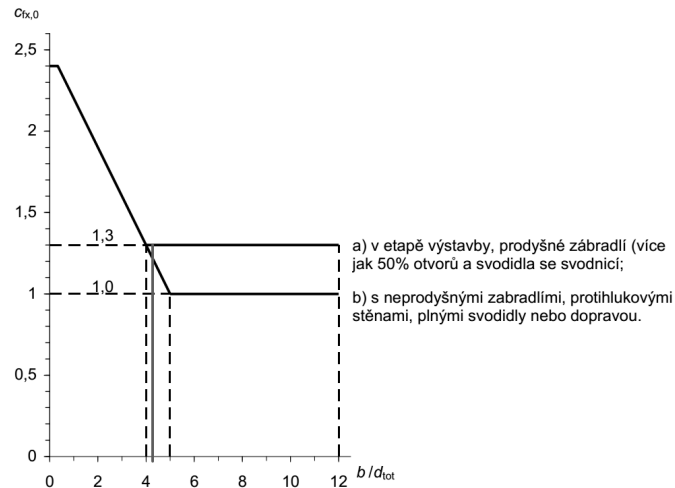
Výška mostovky (včetně dvou prodyšných zábradlí):

$$d_{tot} = 0.27 + 2 \cdot 0.3 = 0.87 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky:

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{3.765}{0.87} = 4.33$$

Referenční součinitel sil pro mostovku:



$$C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel sil pro mostovku:

$$C_{fx} = C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel zatížení větrem:

$$C_x = C_e C_{fx} = 1.34 \cdot 1.3 = 1.74$$

Zatížení mostovky ve směru x:

$$f_{w,x} = 0.5 \rho v_b^2 C_x d_{tot} = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 \cdot 1.74 \cdot 0.87 = 478 \text{ N/m}$$

Zatížení mostovky ve směru z:

Součinitel sil:

$$C_{f,z} = 0.9$$

Zatížení mostovky ve směru z:

$$f_{w,z} = \pm q_p(z) C_{f,z} = \pm 423 \cdot 0.9 = \pm 381 \text{ N/m}^2$$

Zatížení oblouku:

Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 11 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.215 \cdot \ln \left(\frac{11}{0.3} \right) = 0.776$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z)C_0(z)v_b = 0.776 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 17.5 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{11}{0.3}\right)} = 0.278$$

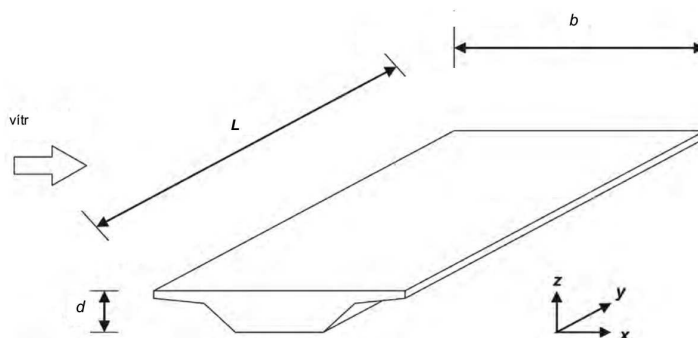
Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z))0.5\rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.278) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 17.5^2 = 561 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{561}{316} = 1.77$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:



Výška profilu (rozměr kolmý ke směru větru):

$$b = 0.495 \text{ m}$$

Výška profilu (rozměr rovnoběžný se směrem větru):

$$d = 0.265 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky profilu:

$$\frac{d}{b} = \frac{0.265}{0.495} = 0.535$$

Efektivní štíhlost:

$$\lambda = \min\left(2 \cdot \frac{l}{b}; 70\right) = \min\left(2 \cdot \frac{37.261}{0.495}; 70\right) = 70$$

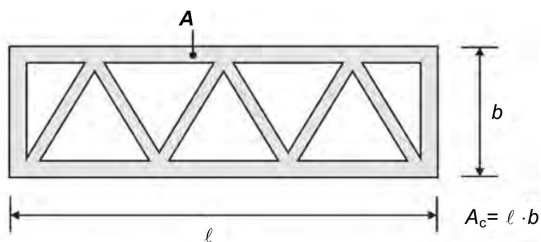
Součet průmětů ploch prvků:

$$A = 29.2 \text{ m}^2$$

Celková plocha obálky:

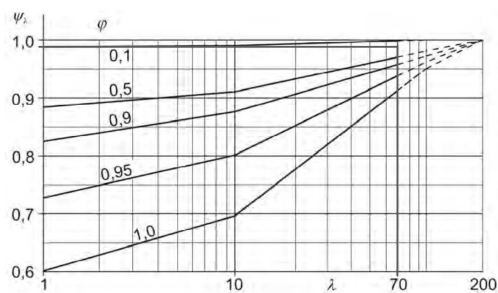
$$A_c = 144.9 \text{ m}^2$$

Součinitel plnosti:



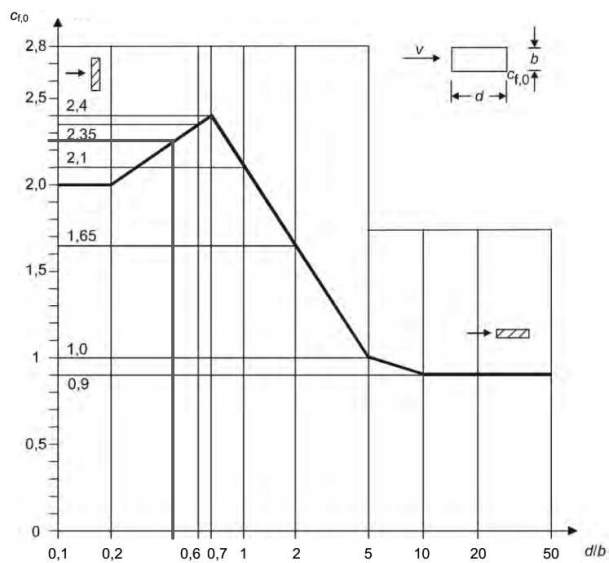
$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{29.2}{144.9} = 0.20$$

Součinitel koncového efektu pro obdélníkové profily:



$$\psi_\lambda = 0.98$$

Referenční součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:



$$C_{fx,0} = 2.25$$

Součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:

$$C_{fx} = C_{fx,0} \psi_{\lambda} = 2.25 \cdot 0.98 = 2.21$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

$$f_{w,x} = C_s C_d C_{fx} q_p(z) b = 1.0 \cdot 2.21 \cdot 561 \cdot 0.495 = 612 \text{ N/m}$$

2.5 Zatěžovací stavy

Pro porovnání variant a výběr výsledné varianty jsou použity pouze vybraná zatížení, jež jsou aplikována v zatěžovacích stavech dle tabulky.

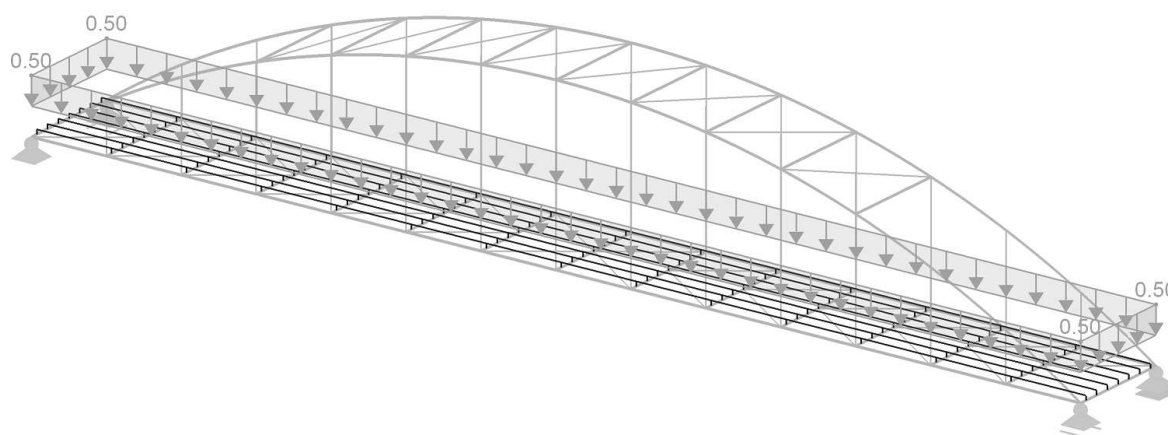
zatěžovací stav	popis	kategorie účinků
ZS1	vlastní tíha	Stálé
ZS2	ostatní stálé zatížení	Stálé
ZS3	zatížení davem chodců	gr1
ZS4	zatížení větrem ve směru x a -z	Zatížení větrem – F_{wk}
ZS5	zatížení větrem ve směru x a +z	Zatížení větrem – F_{wk}

2.5.1 ZS1 – Vlastní tíha

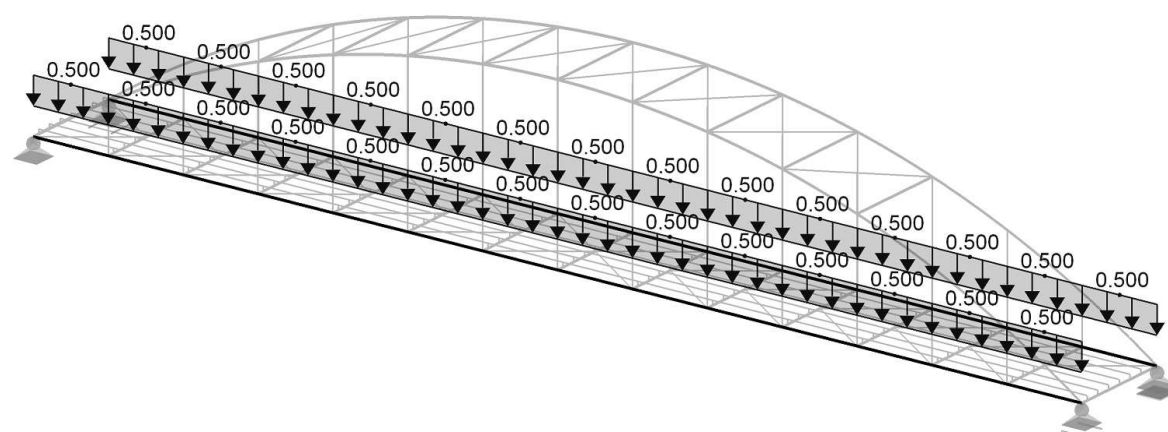
Zatížení generováno softwarově dle použitého průřezu a jeho délky.

2.5.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení

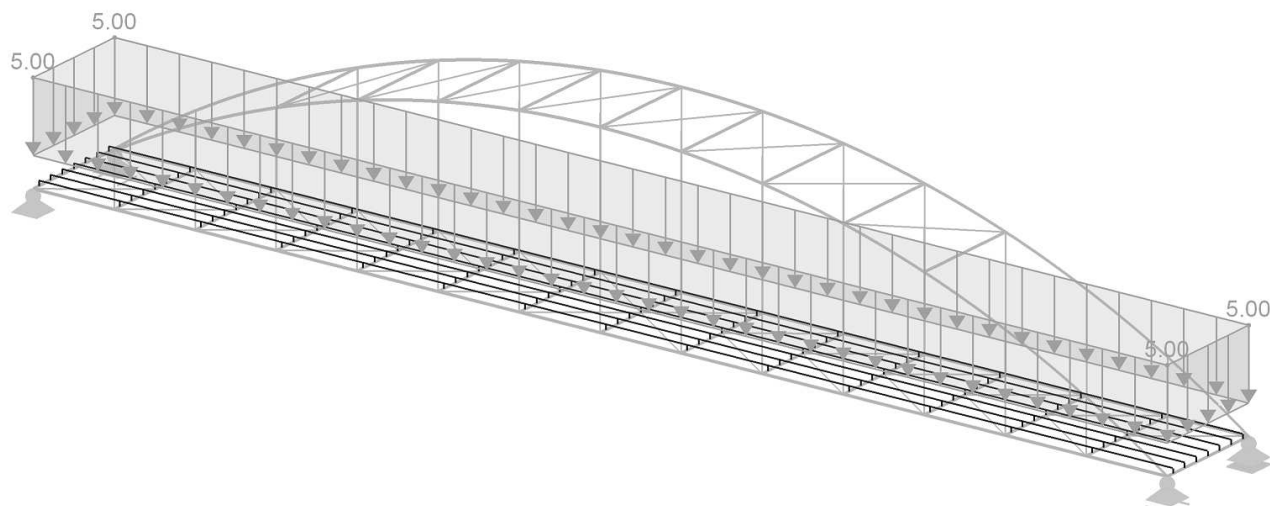
Pochozí plocha:



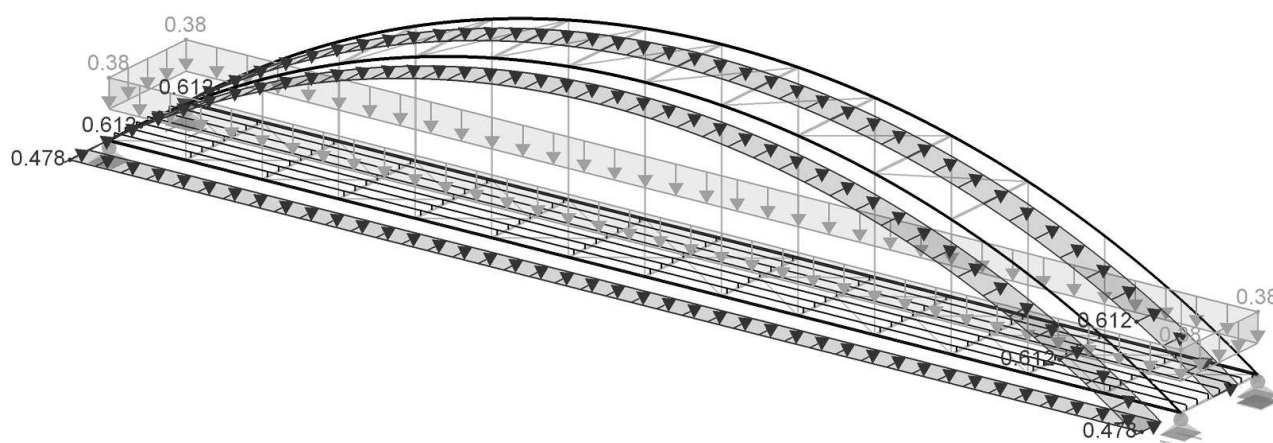
Zábradlí:



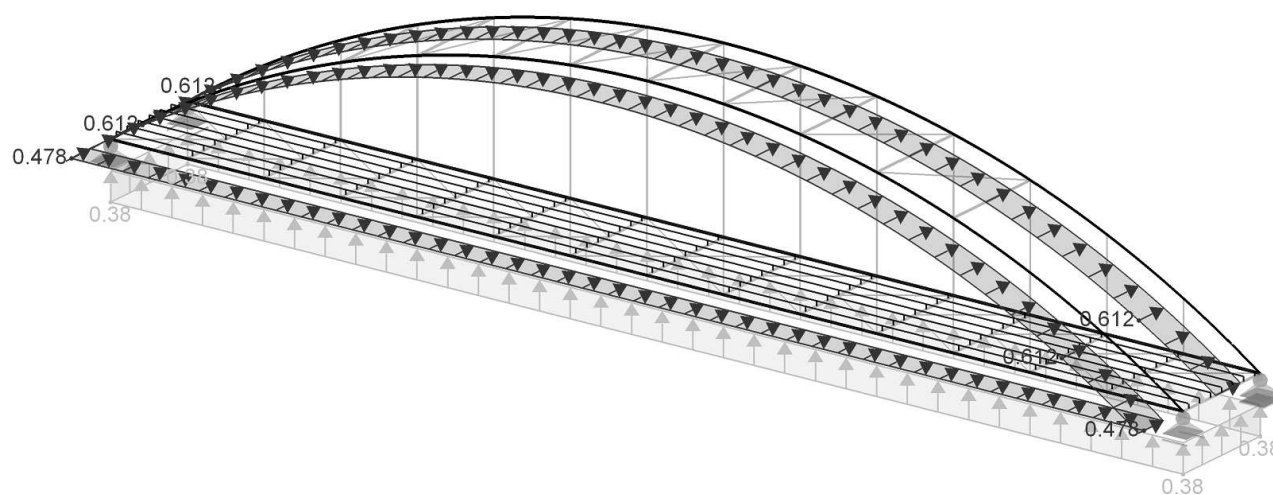
2.5.3 ZS3 – Zatížení davem chodců



2.5.4 ZS4 – Zatížení větrem ve směru x a -z



2.5.5 ZS5 – Zatížení větrem ve směru x a +z



2.6 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly stanoveny dle Eurocode 0 a jeho příloh, výpis jednotlivých kombinací pro ověření MSÚ a MSP je uveden v tabulce níže.

kombinace zatížení	klíč kombinace	komentář
KZ1	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ2	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ3	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ4	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ5	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ6	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ7	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS4$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ8	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ9	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS4$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ10	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 0.54 \cdot ZS3 + 1.5 \cdot ZS5$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ11	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ12	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS4$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ13	$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 0.45 \cdot ZS5$	MSÚ dle EC0 (6.10a/b) - návrhová
KZ14	$ZS1 + ZS2$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ15	$ZS1 + ZS2 + ZS4$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ16	$ZS1 + ZS2 + ZS5$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ17	$ZS1 + ZS2 + 0.4 \cdot ZS3 + ZS4$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ18	$ZS1 + ZS2 + 0.4 \cdot ZS3 + ZS5$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ19	$ZS1 + ZS2 + ZS3$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ20	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.3 \cdot ZS4$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická
KZ21	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.3 \cdot ZS5$	MSP dle EC0 (6.14b) - charakteristická

2.7 Vlastní frekvence

2.7.1 Frekvence odpovídající vlastním tvarům vodorovného / krouživého kmitání

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	1.636
2	2.478
3	3.925
4	4.634
5	8.079
6	8.932

2.7.2 Frekvence odpovídající vlastním tvarům svislého kmitání

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	1.713
2	3.421
3	6.391
4	6.857

2.8 Výpis materiálu

2.8.1 Ocelové konstrukční prvky

Položka č.	Označení průřezu	Počet prutů	Délka [m]	Celk. dl. [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Měr. hm. [kg/m]	Hmotnost [kg]	Celk. hm. [t]
1	KR 20	4	1.57	6.28	0.40	0.00	2.47	3.93	0.016
2	KR 20	4	2.83	11.32	0.71	0.00	2.47	7.08	0.028
3	KR 20	4	3.82	15.28	0.96	0.00	2.47	9.55	0.038
4	KR 20	4	4.57	18.28	1.15	0.01	2.47	11.43	0.046
5	KR 20	4	5.09	20.36	1.28	0.01	2.47	12.73	0.051
6	KR 20	4	5.40	21.60	1.36	0.01	2.47	13.50	0.054
7	KR 20	2	5.50	11.00	0.69	0.00	2.47	13.75	0.028
1	TROBD 150x100x5	15	3.50	52.50	25.73	0.12	18.60	65.10	0.977
1	TR4HR 100x4	7	3.50	24.50	9.56	0.04	11.93	41.76	0.292
1	TR Ø48.3x3.2	28	3.05	85.40	12.98	0.04	3.56	10.86	0.304
1	TR4HR 200x8	2	3.50	7.00	5.45	0.04	47.73	167.06	0.334
1	TR 60.3x5	4	4.37	17.48	3.30	0.02	6.82	29.80	0.119
2	TR 60.3x5	4	4.33	17.32	3.27	0.02	6.82	29.53	0.118
3	TR 60.3x5	4	4.31	17.24	3.26	0.01	6.82	29.39	0.118
4	TR 60.3x5	4	4.30	17.20	3.25	0.01	6.82	29.33	0.117
Celkem		94		342.76	73.36	0.33			2.639

2.8.2 Dřevěné konstrukční prvky – lepené lamelové dřevo

Položka č.	Označení průřezu	Počet prutů	Délka [m]	Celk. dl. [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Měr. hm. [kg/m]	Hmotnost [kg]	Celk. hm. [t]
1	obdélník 265x270	2	35.00	70.00	74.90	5.01	30.05	1051.75	2.104
2	obdélník 265x495	2	37.26	74.52	113.28	9.77	55.09	2052.65	4.105
Celkem		56		144.52	188.17	14.78			6.209

2.8.3 Dřevěné konstrukční prvky – rostlé dřevo

Položka č.	Označení průřezu	Počet prutů	Délka [m]	Celk. dl. [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Měr. hm. [kg/m]	Hmotnost [kg]	Celk. hm. [t]
1	obdélník 100x140	98	2.50	245.00	117.60	3.43	5.88	14.70	1.441
Celkem		98		245.00	117.60	3.43			1.441

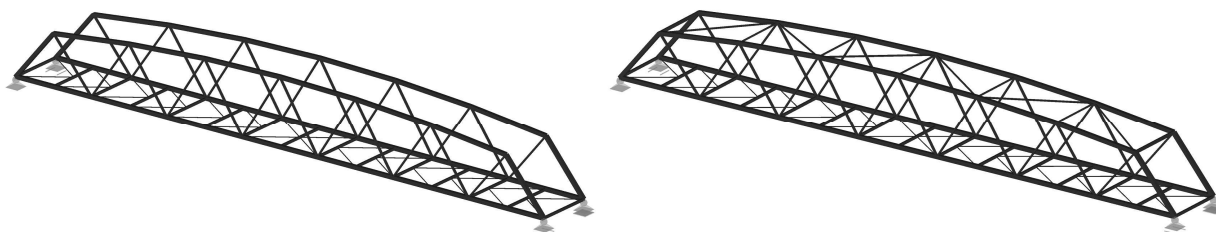
3 Poznámky k volbě a dimenzování variant

3.1 Způsob dimenzování

Předběžný návrh obou variant a dimenzování profilů jednotlivých konstrukčních prvků bylo pro ocelové konstrukční části provedeno pomocí přídatného modulu RF-STEEL EC3 výpočtového softwaru Dlubal RFEM. Dřevěné konstrukční části byly dimenzovány ručně za pomoci výpočtů v softwaru MS Excel, respektujících EC5-1-1 a EC5-2. Jednotlivé konstrukční prvky byly ověřovány z hlediska MSÚ a MSP, kde byl ověřován zejména průhyb (kde pro dřevěné prvky nebyl v předběžném návrhu brán zřetel na dotvarování) a u obou variant lávek byly zároveň zjištěny jejich vlastní frekvence.

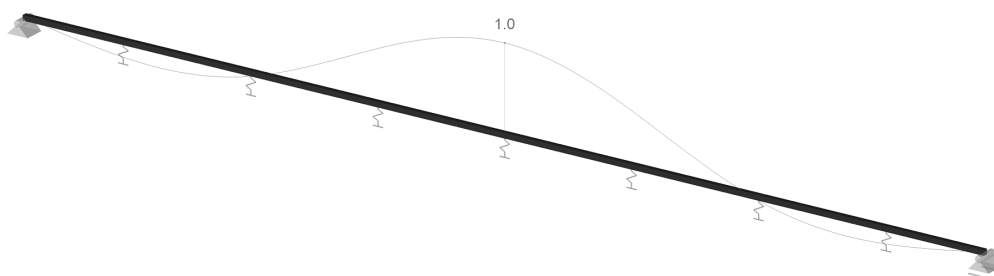
3.2 Vývoj návrhu varianty A

Varianta A byla nejprve uvažována bez návrhu ztužení horního pásu, ale celá konstrukce nesplňovala kritérium pro výpočet dle teorie I. řádu dle EC3-2, odstavce 5.2.1 ($\alpha_{cr} \geq 10$) a měla horší dynamické vlastnosti. Z důvodů zlepšení dynamického chování a aby bylo možné provést výpočet a posouzení dle teorie I. řádu, byl horní pás zavětrován, čímž došlo k posunutí vlastních frekvencí mimo „nebezpečné“ intervaly a ke zvýšení stability celého modelu.



3.3 Určení vzpěrné délky tlačného pásu původní varianty A

Vzpěrná délka tlačného pásu původní verze varianty A byla určena dle EC3-2, tabulky D.3, kde byl tlačný pás po určení tuhostí jednotlivých U-polorámů modelován jako prut na pružných podporách, na němž byla provedena stabilitní analýza. Vzpěrná délka pro vybočení z roviny příhradoviny pak odpovídala vlastnímu tvaru níže a byla rovna $L_{cr,z} = 10.351$ m.



3.4 Určení vzpěrných délek oblouku varianty B

Obdobný problém pak nastal u varianty B, kde bylo nutno v obou směrech určit vzpěrné délky nezavětrované části dřevěného oblouku. Jelikož EC5-1-1 ani EC5-2 neposkytuje dostatek informací pro výpočet těchto vzpěrných délek, tak byl pro výpočet vzpěrných délek použit alternativně postup uvedený v EC3-2, konkrétně v části D3.2, která poskytuje informace pro výpočet vzpěrné délky v rovině oblouku a ověření jeho prolomení. Posudek na prolomení pak s velkou rezervou vyhověl a vzpěrná délka pro vybočení v rovině oblouku byla stanovena jako $L_{cr,y} = 7.080$ m. Dle stejné normy byla metodou polorámu v části D3.4 určena i vzpěrná délka pro vybočení z roviny oblouku, která pak byla rovna $L_{cr,z} = 5.995$ m.

4 Porovnání variant

4.1 Dle ceny materiálu

Cena materiálu pro jednotlivé varianty je stanovena dle hmotnosti oceli, objemu dřeva a jednotkových cen za tyto materiály. Váha pro kritérium ceny materiálu byla stanovena na **25 %**.

4.1.2 Varianta A

Při uvážení ceny 45 Kč/kg oceli, pro čistě ocelovou konstrukci je varianta A naceněna na:

$$\text{celková cena} = \text{cena za 1 kg} \cdot \text{hmotnost oceli} = 45 \cdot 9152 = 411840 \text{ Kč}$$

4.1.3 Varianta B

Při uvážení ceny 100 Kč/kg oceli, pro konstrukci z oceli a dřeva je ocel ve variantě B naceněna na:

$$\text{cena oceli} = \text{cena za 1 kg} \cdot \text{hmotnost oceli} = 100 \cdot 2639 = 263900 \text{ Kč}$$

Při uvážení ceny 20000 Kč/m³ lepeného lamelového dřeva, pro konstrukci z oceli a dřeva je lepené lamelové dřevo ve variantě B naceněno na:

$$\text{cena lld} = \text{cena za 1 m}^3 \cdot \text{objem lld} = 20000 \cdot 14.78 = 295600 \text{ Kč}$$

Při uvážení ceny 5500 Kč/m³ rostlého dřeva, pro konstrukci z oceli a dřeva je rostlé dřevo ve variantě B naceněno na:

$$\text{cena rd} = \text{cena za 1 m}^3 \cdot \text{objem rd} = 5500 \cdot 3.43 = 18865 \text{ Kč}$$

Celkově je pak varianta B z oceli a dřeva naceněna na:

$$\begin{aligned} \text{celková cena} &= \text{cena oceli} + \text{cena lld} + \text{cena rd} = \\ &= 263900 + 295600 + 18865 = \\ &= 578365 \text{ Kč} \end{aligned}$$

4.2 Dle nátěrových ploch ocelových prvků

Nátěrové plochy jsou stanoveny dle hodnot z výpisů materiálů a je jim přiřazena váha **20 %**.

4.2.1 Varianta A

$$\text{nátěrová plocha} = 228.80 \text{ m}^2$$

4.2.2 Varianta B

$$\text{nátěrová plocha} = 73.36 \text{ m}^2$$

4.3 Dle pracnosti výroby a realizace

Pracnost bude hodnocena dle typu použitých detailů a je jí přiřazena váha **15 %**.

4.3.1 Varianta A

Varianta A je z hlediska pracnosti celkově vyhodnocena jako méně náročná varianta, a to zejména kvůli pracnosti spojů, které mohou být skoro všechny provedeny jednoduše jako svařované.

4.3.2 Varianta B

Varianta B je z hlediska pracnosti celkově vyhodnocena jako varianta náročnější, protože přípoje budou tvořeny ve většině případů skrze styčnickové desky a plechy. Složitější budou i připojení závěsů a z hlediska montáže bude složitější osazení dřevěných oblouků.

4.4 Dle estetiky a zasazení do okolního terénu

Subjektivní hodnocení estetického ztvárnění s váhou **20 %**.

4.4.1 Varianta A

Varianta A je vyhodnocena jako esteticky méně příznivější, i když by s jejím lehce industriálním vzhledem mohla lépe zapadnout do městského prostředí Zlína. Celkově hodnotím tuto variantu jako méně příznivější.

4.4.2 Varianta B

Varianta B je určitě esteticky líbeznější varianta, než varianta A, a to zejména díky kombinaci dvou materiálů a opticky působivějšímu použití oblouků. Toto řešení však zároveň nezapadá tak dobře do koncepčního řešení okolí lávky, jako varianta A. Celkově však hodnotím tuto variantu jako více příznivější.

4.5 Dle dynamického chování

Dynamické chování je posuzováno z hlediska vlastních tvarů a jim odpovídajícím vlastním frekvencím. Eurocode 0 a Eurocode 1 udává rozmezí vlastních frekvencí lávek, pro něž je potřeba provést detailnější dynamickou analýzu a ověřit kritéria pohody chodců.

Vlastní frekvence vodorovného a kroutivého kmitání by neměly dle EC0, odstavce A2.4.3.2 být menší, než 2.5 Hz a dle národní přílohy EC1-2, odstavce NA.2.49 by vlastní frekvence vodorovného kmitání neměly spadat do rozmezí 0.5 Hz až 2.5 Hz.

Vlastní frekvence svislého kmitání by neměly dle EC0, odstavce A2.4.3.2 být menší, než 5.0 Hz a dle národní přílohy EC1-2, odstavce NA.2.49 by vlastní frekvence svislého kmitání neměly spadat do rozmezí 1.0 Hz až 5.0 Hz.

Výhodnost dané varianty se určí dle počtu vlastních tvarů, které spadají do „nebezpečných“ intervalů, viz předchozí 2 odstavce. Váha pro výběr varianty dle dynamického chování lávek byla stanovena jako **20 %**.

4.5.1 Varianta A

Do „nebezpečného“ intervalu nespadá žádný vlastní tvar vodorovného / kroutivého ani svislého kmitání. Varianta A je tudíž oproti variantě B výhodnější.

4.5.2 Varianta B

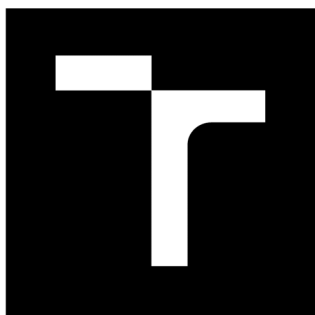
Do „nebezpečného“ intervalu spadají celkem 4 vlastní tvary a to konkrétně 1. a 2. vlastní tvar vodorovného / kroutivého kmitání a 1. a 2. vlastní tvar svislého kmitání. Varianta B je tudíž oproti variantě A méně výhodnou variantou.

4.5 Vyhodnocení

Jednotlivé kritéria jsou souhrnně vyhodnocena v následující tabulce:

Kritérium	Váha [%]	Výhodnost	
		Varianta A	Varianta B
Cena materiálu	25	+	-
Nátěrové plochy ocelových prvků	20	-	+
Pracnost výroby a realizace	15	+	-
Estetika a zasazení do okolního terénu	20	-	+
Dynamické chování	20	+	-
Celkem		60	40

Z tabulky je zřejmé, že **výhodnější variantou** dle mnou pěti zvolených kritérií je varianta ocelová, tedy **varianta A**. Pro tuto variantu je v následujících částech diplomové práce vypracován podrobnější statický výpočet, technická zpráva, výkresová dokumentace a orientační výpis spotřeby materiálu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ

THE FOOTBRIDGE

ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET

PART C – STRUCTURAL DESIGN REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Rusňák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

0	Zkratky	1
1	Popis konstrukce	2
2	Základní geometrie konstrukce	2
2.1	Pohled na lávku	2
2.2	Půdorys – mostovka	2
2.3	Půdorys – ztužení horního pásu	2
3	Výpočtový model	3
4	Zatížení	3
4.1	Stálé	3
4.1.1	Vlastní tíha	3
4.1.2	Ostatní stálé	3
4.2	Proměnné	3
4.2.1	Zatížení davem chodců	3
4.2.2	Zatížení osamělým břemenem	4
4.2.2	Zatížení větrem	4
5	Zatěžovací stavy	13
5.1	ZS1 – Vlastní tíha	13
5.2	ZS2 – Ostatní stálé zatížení	13
5.3	ZS3 – Zatížení davem chodců – plné	14
5.4	ZS4 – Zatížení davem chodců – levá 1/2 příčně	15
5.5	ZS5 – Zatížení davem chodců – pravá 1/2 příčně	15
5.6	ZS6 – Zatížení davem chodců – levá 1/2 podélně	16
5.7	ZS7 – Zatížení davem chodců – pravá 1/2 podélně	17
5.8	ZS8 – Zatížení davem chodců – šach 1	17
5.9	ZS9 – Zatížení davem chodců – šach 2	18
5.10	ZS10 – Soustředěné zatížení – uprostřed	19
5.11	ZS11 – Soustředěné zatížení – kraj	19
5.12	ZS12 – zatížení větrem ve směru x a -z	19
5.13	ZS13 – zatížení větrem ve směru x a +z	20
5.14	ZS14 – zatížení větrem ve směru y a -z	21
5.15	ZS15 – zatížení větrem ve směru y a +z	22
6	Kombinace zatížení	23
7	Posouzení MSÚ	24
7.1	Dolní pás	24
7.1.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 200x6.3	24
7.1.2	Posouzení srovnávacího napětí dle EC3-1-1 (6.1)	25
7.2	Horní pás	27
7.2.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 200x6.3	27
7.2.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2	28
7.2.3	Posouzení vzpěrné únosnosti okolo os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	30

7.2.4	Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3.....	31
7.3	Krajní diagonály	33
7.3.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 160x6.3	33
7.3.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	34
7.3.3	Posouzení vzpěrné únosnosti kolem os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	36
7.3.4	Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3.....	37
7.4	Tlačená diagonála	39
7.4.1	Posuzovaný průřez – TROBD 140x80x5	39
7.4.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	40
7.4.3	Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	41
7.5	Tažená diagonála	42
7.5.1	Posuzovaný průřez – TROBD 140x80x5	42
7.5.2	Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3	42
7.6	Příčníky	43
7.6.1	Posuzovaný průřez – TROBD 150x100x8.....	43
7.6.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	44
7.6.3	Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy y-y dle EC3-1-1 6.3.1.1.....	46
7.6.4	Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	47
7.6.5	Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3.....	47
7.7	Podmostovkové ztužidlo v tlaku	50
7.7.1	Posuzovaný průřez – TR Ø48.3x5	50
7.7.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	51
7.7.3	Posouzení vzpěrné únosnosti dle EC3-1-1 6.3.1.1.....	51
7.8	Podmostovkové ztužidlo v tahu	52
7.8.1	Posuzovaný průřez – TR Ø48.3x5	52
7.8.2	Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3	52
7.9	Diagonály ztužení horního pásu v tlaku	53
7.9.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4	53
7.9.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	54
7.9.3	Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	55
7.10	Diagonály ztužení horního pásu v tahu	56
7.10.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4	56
7.10.2	Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3	56
7.11	Výplňové příčle a krajní vzpěry ztužení a horního pásu	57
7.11.1	Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4	57
7.11.2	Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2.....	58
7.11.3	Posouzení smykové únosnosti ve směru z dle EC3-1-1 6.2.6	60
7.11.4	Posouzení vzpěrné únosnosti kolem os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1	60
7.11.5	Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3.....	61
7.12	Výztuha mostovkového plechu	63
7.12.1	Posuzovaný průřez.....	63
7.12.2	Zatížení	63
7.12.3	Zatřídění průřezu	64
7.12.4	Smykové ochabnutí plechu mezi výztuhami dle EC3-1-5 3.2	64
7.12.5	Určení tuhosti podpor podélné výztuhy.....	66
7.12.6	Určení vnitřních sil v jednotlivých řezech podélné výztuhy	67
7.12.6	Posouzení podélné výztuhy	71

7.12.7	Návrh krčního svaru podélné výztuhy	72
7.13	Celá mostovka	74
7.13.1	Posuzovaný průřez.....	74
7.13.2	Zatížení	74
7.13.3	Určení vnitřních sil pomocí příčinkové čáry.....	75
7.13.4	Redukce průřezu mostovkového plechu vlivem boulení a smyk. ochabnutí dle EC3-1-5 4.5.	75
7.13.5	Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3	76
8	Posouzení MSP	77
8.1	Dolní pás	77
8.1.1	Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23	77
8.1.2	Posouzení vodorovného průhybu dle EC3-2 NA.2.23	77
8.2	Horní pás.....	78
8.2.1	Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23	78
8.2.2	Posouzení vodorovného průhybu dle EC3-2 NA.2.23	78
8.3	Příčníky	79
8.3.1	Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23	79
8.4	Vlastní frekvence	80
8.4.1	Posouzení vl. frek. vodorovného a kroutivého kmitání dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49.....	80
8.4.2	Posouzení vl. frek. svislého kmitání dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49.....	80
9	Vybrané přípoje	81
9.1	Přípoj běžných diagonál k pásovým prutům příhradových hlavních nosníků	81
9.1.1	Detail přípoje	81
9.1.2	Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):.....	81
9.1.3	Průřezové charakteristiky	82
9.1.4	Materiálové charakteristiky.....	83
9.1.5	Souhrnné parametry	84
9.1.6	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8	84
9.1.7	Návrhové osové únosnosti K styčnicku dle EC3-1-8 T.7.12.....	85
9.1.8	Posouzení dle EC3-1-8 7.5	86
9.1.9	Návrh svarů mezi běžnou diagonálou a pásovým prutem	86
9.2	Přípoj krajních diagonál ke spodnímu pásu příhradového hlavního nosníku.....	89
9.2.1	Detail přípoje	89
9.2.2	Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):.....	89
9.2.3	Průřezové charakteristiky	90
9.2.4	Materiálové charakteristiky.....	90
9.2.5	Souhrnné parametry	91
9.2.6	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8	91
9.2.7	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.9	91
9.2.8	Návrhová osová únosnost Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.10.....	92
9.2.9	Návrhová momentová únosnost v rovině Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14.....	92
9.2.10	Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	92
9.2.11	Posouzení dle EC3-1-8 (7.4).....	93
9.2.11	Návrh svarů mezi krajní diagonálou a pásovým prutem	93
9.3	Přípoj příčníků ke spodnímu pásu příhradového hlavního nosníku	96
9.3.1	Detail přípoje	96
9.3.2	Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):.....	96

9.3.3	Průřezové charakteristiky	97
9.3.4	Materiálové charakteristiky.....	97
9.3.5	Souhrnné parametry	98
9.3.6	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8	98
9.3.7	Návrhová osová únosnost T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.11	99
9.3.8	Návrhová momentová únosnost v rovině T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	99
9.3.9	Návrhová momentová únosnost z roviny T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	100
9.3.10	Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)	101
9.3.11	Návrh svarů mezi příčnickem a pásovým prutem	101
9.4	Přípoj krajních a běžných diagonál k hornímu pásu příhradového hlavního nosníku.....	104
9.4.1	Detail přípoje	104
9.4.2	Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):.....	104
9.4.3	Průřezové charakteristiky	105
9.4.4	Materiálové charakteristiky.....	106
9.4.5	Souhrnné parametry	107
9.4.6	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8	107
9.4.7	Návrhové osově únosnosti K styčnicku dle EC3-1-8 T.7.12.....	109
9.4.8	Návrhová momentová únosnost v rovině Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	110
9.4.9	Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	110
9.4.10	Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)	111
9.4.11	Návrh svarů mezi krajní diagonálou a horním pásem	112
9.5	Přípoj krajních vzpěr a diagonál ztužení k hornímu pásu příhradového hlavního nosníku	115
9.5.1	Detail přípoje	115
9.5.2	Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 49):.....	115
9.5.3	Průřezové charakteristiky	116
9.5.4	Materiálové charakteristiky.....	117
9.5.5	Souhrnné parametry	118
9.5.6	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8	118
9.5.7	Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.9	120
9.5.8	Návrhové osově únosnosti N styčnicku dle EC3-1-8 T.7.10	120
9.5.9	Návrhová momentová únosnost v rovině T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	120
9.5.10	Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14	121
9.5.11	Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)	121
9.5.12	Návrh svarů mezi krajní vzpěrou ztužení a horním pásem hlavního př. nosníku	122
9.5.13	Návrh svarů mezi diagonálou ztužení a horním pásem hlavního nosníku	124
9.6	Přípoj podmostovkových ztužidel k pásovým prutům a příčnickům.....	127
9.6.1	Detail přípoje	127
9.6.2	Návrh svarů mezi ztužidlem a styčnickovým plechem	127
9.6.3	Návrh svarů mezi styčnickovým plechem a pásovým prutem	128
9.6.4	Návrh tloušťky styčnickového plechu	129
9.7	Přípoj podmostovkových ztužidel k příčnickům.....	131
9.7.1	Detail přípoje	131
9.7.2	Návrh svarů mezi ztužidlem a styčnickovým plechem	131
9.7.3	Návrh svarů mezi styčnickovým plechem a pásovým prutem	132
9.7.4	Návrh tloušťky styčnickového plechu	133
9.8	Montážní přípoje pásových prutů hlavních nosníků	135
9.8.1	Detail přípoje	135

9.8.2	Rozmístění přípojů.....	135
-------	-------------------------	-----

0 Zkratky

V tomto dokumentu byly pro přehlednost použity následující zkratky:

EC0 zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1990

EC1 zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1991

EC3 zkratka pro normy z rodiny ČSN EN 1993

1 Popis konstrukce

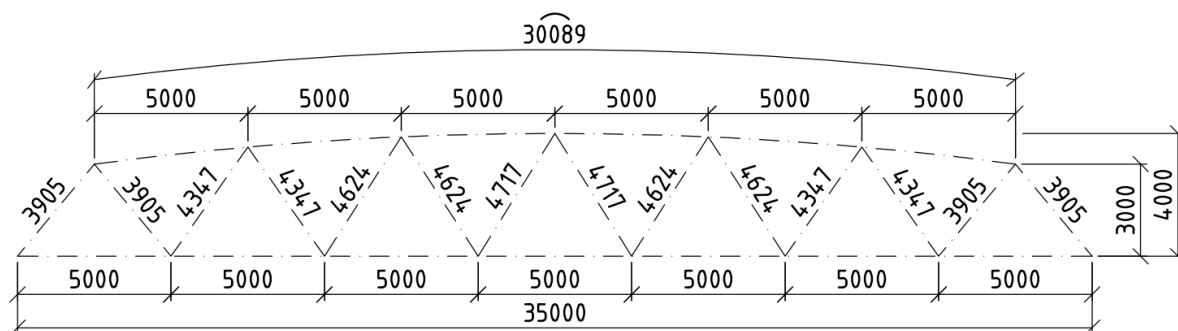
Lávka pro pěší a pro cyklisty o jednom poli, přemostující řeku Dřevnici ve Zlíně. Jedná se o příhradovou konstrukci s dolní mostovkou a zakřiveným horním pásem. Lávka má rozpětí délky 35 m a osová šířka konstrukce je přibližně 3,7 m. Osová výška konstrukce je proměnná od 3 m až po 4 m uprostřed rozpětí. Umístění lávky nad terénem se zároveň odvíjí od návrhového průtoku Q100, který překonává.

Mostovka konstrukce je tvořena pomocí příčníků, mostovkového plechu s výztuhami a podélným podmostvkovým ztužením. Pásové a výplňové pruty jsou tvořeny z uzavřených profilů. Zavětrování horních pásů je tvořeno krajními vzpěrami, výplňovými příčlemi a podélným ztužením z uzavřených profilů.

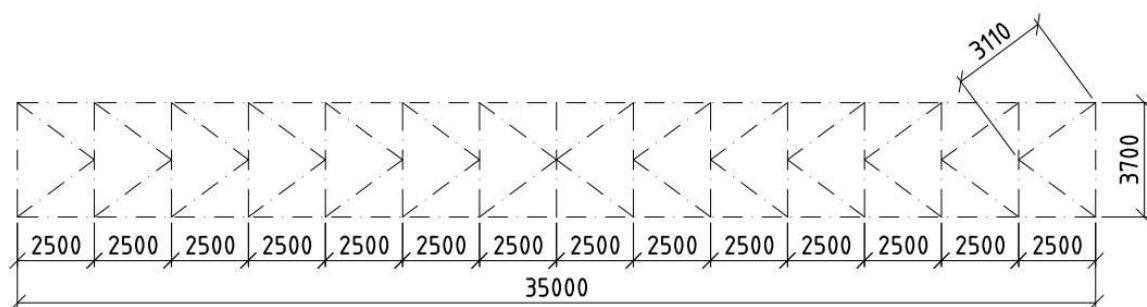
Celá konstrukce lávky je navržena z oceli S355 a je uložena na 4 elastomerových ložiscích s odpovídajícími stupni volnosti na betonových opěrných zídkách.

2 Základní geometrie konstrukce

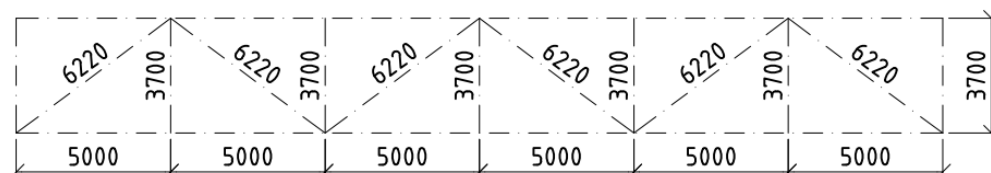
2.1 Pohled na lávku



2.2 Půdorys – mostovka



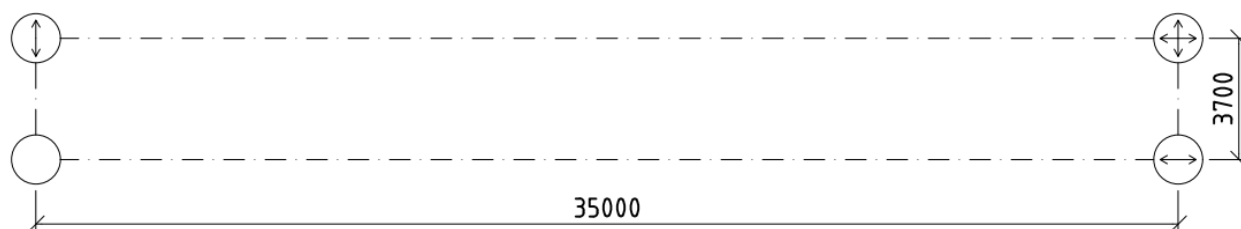
2.3 Půdorys – ztužení horního pásu



3 Výpočtový model

Celý výpočtový model byl vytvořen jako prutový za pomoci softwaru Dlubal RFEM. Pásové pruty a krajní diagonály hlavních příhradových nosníků, příčníky a krajní vzpěry ztužení horního pásu tvoří pruty typu nosník znemožňující uzlová pootočení. Běžné diagonály hlavních příhradových nosníků a ostatní ztužující pruty jsou pak tvořeny pruty příhradovými, umožňujícími uzlová pootočení.

Uložení na ložiska je modelováno za pomoci čtyř bodových podpor, z nichž jedna je navržena jako všesměrná, dvě podpory umožňují pohyb v jednom vodorovném směru a poslední podpora je navržena jako pevná. Všechny podpory umožňují pootočení kolem obou horizontálních os a znemožňují pohyb vertikální. Pro rozmístění jednotlivých ložisek viz půdorysné schéma níže.



4 Zatížení

4.1 Stálé

4.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována automaticky pomocí softwaru Dlubal RFEM.

4.1.2 Ostatní stálé

Zatížení od mostovkového plechu tloušťky 10 mm s podélnými výztuhami (odhad zatížení 0.22 kN/m^2) a hydroizolace TARCO QUBIK tloušťky 10 mm:

$$g_k = 78.5 \cdot 0.010 + 0.22 + 12 \cdot 0.010 = 1.13 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od zábradlí (odhad):

$$g_k = 0.50 \text{ kN/m}$$

4.2 Proměnné

4.2.1 Zatížení davem chodců

Pro jednotlivé zatěžovací stavy je uvažováno rovnoměrné svislé zatížení davem chodců včetně dynamického součinitele a vodorovná složka zatížení, odpovídající 10 % zatížení svislého:

$$q_{f,k} = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{f,k} = 0.1 \cdot q_{f,k} = 0.1 \cdot 5 = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

Dále je uvažováno rovnoměrné liniové zatížení na zábradlí ve svislém a příčném směru:

$$q_{fr,z,k} = 1 \text{ kN/m}$$

$$q_{fr,x,k} = 1 \text{ kN/m}$$

Zatížení v příčném směru na rameni 1.1 m (výška zábradlí) pak vyvoluje vzhledem k dolnímu pásu liniové ohybové namáhání:

$$m_{fr,k} = q_{fr,x,k} \cdot 1.1 = 1 \cdot 1.1 = 1.1 \text{ kNm/m}$$

4.2.2 Zatížení osamělým břemenem

Je uvažováno zatížení soustředěným břemenem, jež působí silou 10 kN na ploše 0.1 m x 0.1 m.

4.2.2 Zatížení větrem

Souhrnné parametry:

Větrná oblast a kategorie terénu:

Lokalita: Zlín

Větrná oblast: I

Kategorie terénu: III

Základní rychlost větru:

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 22.5 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru:

$$C_{dir} = 1.0$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} = 1.0$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} C_{season} v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 22.5 \text{ m/s}$$

Parametry dle kategorie terénu:

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0.3 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu (kategorie terénu II):

$$z_{0,II} = 0.05 \text{ m}$$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0.3}{0.05} \right)^{0.07} = 0.215$$

Měrná hmotnost vzduchu:

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel konstrukce (pro mosty o rozpětí < 40 m):

$$C_s C_d = 1.0$$

Základní dynamický tlak:

$$q_b = 0.5 \rho v_b^2 = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 = 316 \text{ N/m}^2$$

Zatížení mostovky:

Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 5.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.215 \cdot \ln\left(\frac{5.5}{0.3}\right) = 0.627$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z) C_0(z) v_b = 0.627 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 14.1 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

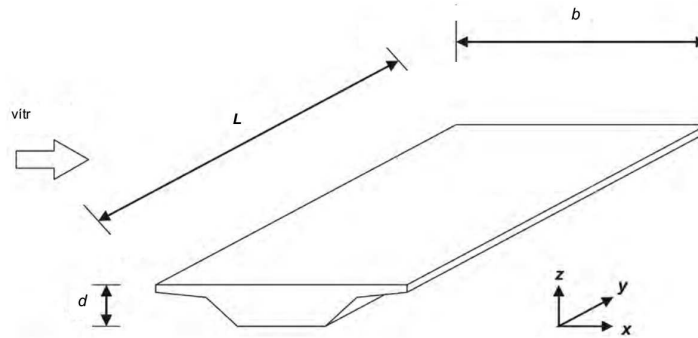
$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{5.5}{0.3}\right)} = 0.344$$

Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z)) 0.5 \rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.344) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 14.1^2 = 423 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{423}{316} = 1.34$$

Zatížení mostovky ve směru x:

Šířka mostovky:

$$b = 3.70 \text{ m}$$

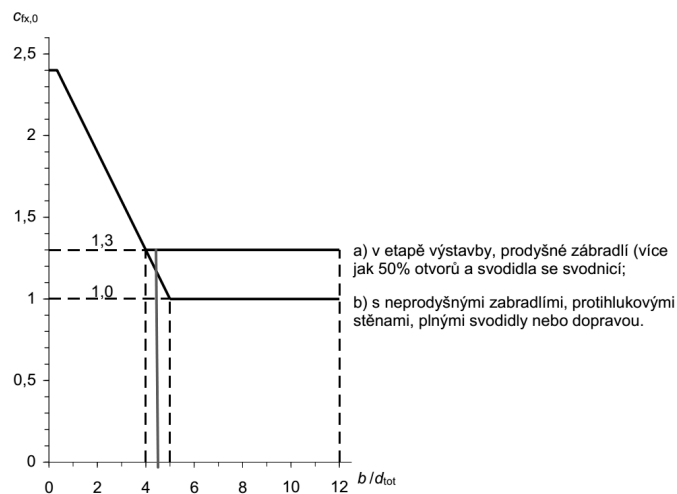
Výška mostovky (včetně dvou prodyšných zábradlí):

$$d_{tot} = 0.20 + 2 \cdot 0.3 = 0.80 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky:

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{3.70}{0.80} = 4.63$$

Referenční součinitel sil pro mostovku:



$$C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel sil pro mostovku:

$$C_{fx} = C_{fx,0} = 1.3$$

Součinitel zatížení větrem:

$$C_x = C_e C_{fx} = 1.34 \cdot 1.3 = 1.74$$

Zatížení mostovky ve směru x:

$$f_{w,x} = 0.5 \rho v_b^2 C_x d_{tot} = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 22.5^2 \cdot 1.74 \cdot 0.80 = 440 \text{ N/m}$$

Zatížení mostovky ve směru z:

Součinitel sil:

$$C_{f,z} = 0.9$$

Zatížení mostovky ve směru z:

$$f_{w,z} = \pm q_p(z) C_{f,z} = \pm 423 \cdot 0.9 = \pm 381 \text{ N/m}^2$$

Zatížení mostovky ve směru y:

Zatížení mostovky ve směru y:

$$f_{w,y} = 0.5 \cdot \frac{f_{w,x}}{d_{tot}} = 0.5 \cdot \frac{451}{0.80} = 275 \text{ N/m}^2$$

Zatížení krajních diagonál a oblouku:Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 9.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.215 \cdot \ln\left(\frac{9.5}{0.3}\right) = 0.744$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z) C_0(z) v_b = 0.744 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 16.7 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

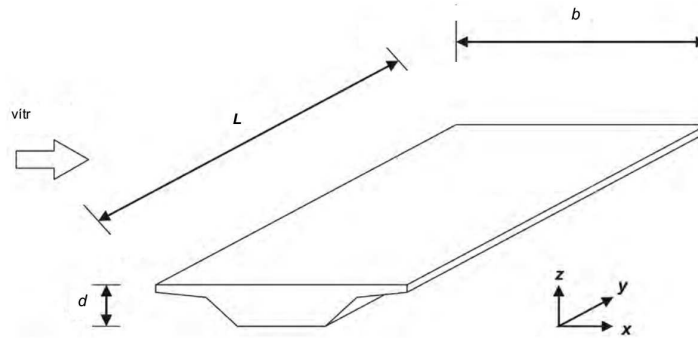
$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{9.5}{0.3}\right)} = 0.289$$

Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z)) 0.5 \rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.289) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 16.7^2 = 530 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{530}{316} = 1.68$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

Výška profilu (rozměr kolmý ke směru větru):

$$b = 0.20 \text{ m}$$

Výška profilu (rozměr rovnoběžný se směrem větru):

$$d = 0.20 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky profilu:

$$\frac{d}{b} = \frac{0.20}{0.20} = 1.00$$

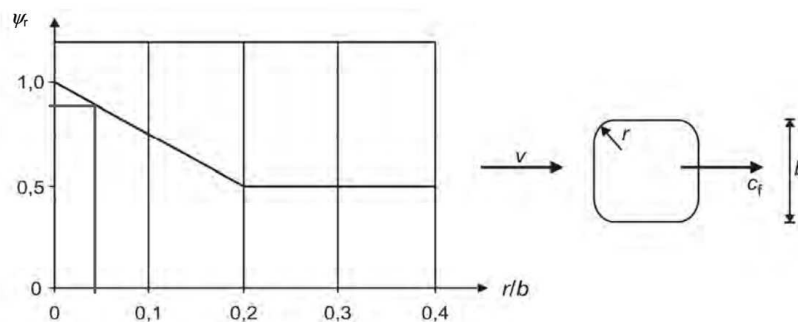
Poloměr zaoblení rohu profilu:

$$r = 0.0095 \text{ m}$$

Poměr poloměru zaoblení a výšky profilu:

$$\frac{r}{b} = \frac{0.0095}{0.20} = 0.047$$

Redukční součinitel pro čtvercové profily se zaoblenými rohy:



$$\psi_r = 0.882$$

Efektivní štíhlost:

$$\lambda = \min\left(2 \cdot \frac{l}{b}; 70\right) = \min\left(2 \cdot \frac{35}{0.20}; 70\right) = 70$$

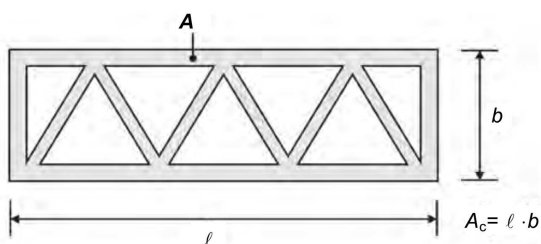
Součet průmětů ploch prvků:

$$A = 20.1 \text{ m}^2$$

Celková plocha obálky:

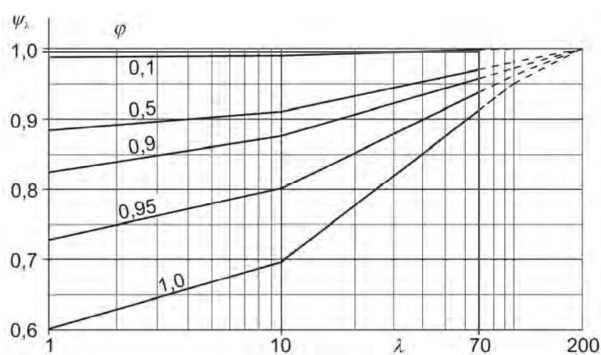
$$A_c = 125.6 \text{ m}^2$$

Součinitel plnosti:



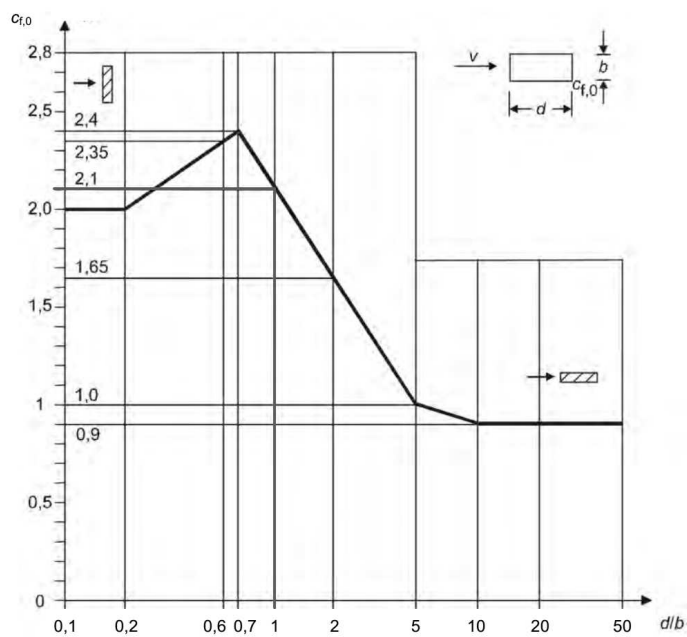
$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{20.1}{125.6} = 0.16$$

Součinitel koncového efektu pro obdélníkové profily:



$$\psi_\lambda = 0.99$$

Referenční součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:



$$C_{fx,0} = 2.1$$

Součinitel sil pro krajní diagonály a horní pás:

$$C_{fx} = C_{fx,0} \psi_r \psi_\lambda = 2.1 \cdot 0.882 \cdot 0.99 = 1.84$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

$$f_{w,x} = C_s C_d C_{fx} q_p(z) b = 1.0 \cdot 1.84 \cdot 530 \cdot 0.20 = 194 \text{ N/m}$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru y:

$$f_{w,y} = 0.5 \cdot f_{w,x} \cdot \frac{d}{b} = 0.5 \cdot 194 \cdot \frac{0.20}{0.20} = 97 \text{ N/m}$$

Zatížení výplňových prutů příhradoviny:

Střední rychlost větru:

Výška nad terénem:

$$z = 7.5 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti ve výšce z:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.215 \cdot \ln\left(\frac{7.5}{0.3}\right) = 0.693$$

Součinitel ortografie ve výšce z:

$$C_0(z) = 1.0$$

Střední rychlost větru ve výšce z:

$$v_m(z) = C_r(z) C_0(z) v_b = 0.693 \cdot 1.0 \cdot 22.5 = 15.6 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak:

Součinitel turbulence:

$$k_I = 1.0$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

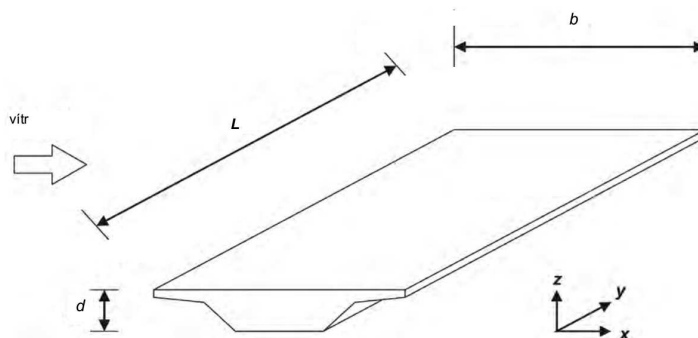
$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{7.5}{0.3}\right)} = 0.311$$

Maximální dynamický tlak ve výšce z:

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z)) 0.5 \rho v_m(z)^2 = (1 + 7 \cdot 0.311) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot 15.6^2 = 483 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$C_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{483}{316} = 1.530.$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

Výška profilu (rozměr kolmý ke směru větru):

$$b = 0.08 \text{ m}$$

Výška profilu (rozměr rovnoběžný se směrem větru):

$$d = 0.14 \text{ m}$$

Poměr šířky a výšky profilu:

$$\frac{d}{b} = \frac{0.14}{0.08} = 1.75$$

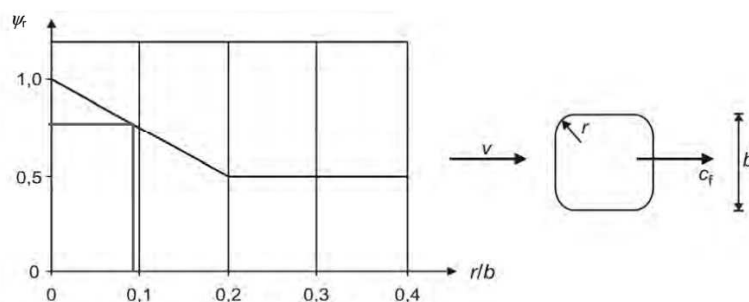
Poloměr zaoblení rohu profilu:

$$r = 0.0075 \text{ m}$$

Poměr poloměru zaoblení a výšky profilu:

$$\frac{r}{b} = \frac{0.0075}{0.08} = 0.094$$

Redukční součinitel pro čtvercové profily se zaoblenými rohy:



$$\psi_r = 0.766$$

Efektivní štíhlost:

$$\lambda = \min\left(2 \cdot \frac{l}{b}; 70\right) = \min\left(2 \cdot \frac{3.905}{0.08}; 70\right) = 70$$

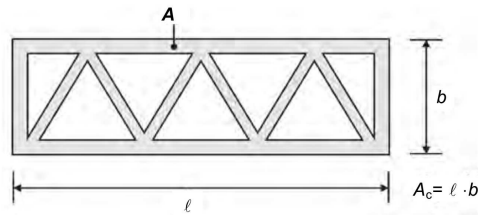
Součet průmětů ploch prvků:

$$A = 20.1 \text{ m}^2$$

Celková plocha obálky:

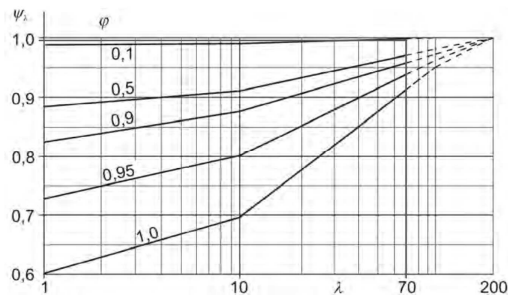
$$A_c = 125.6 \text{ m}^2$$

Součinitel plnosti:



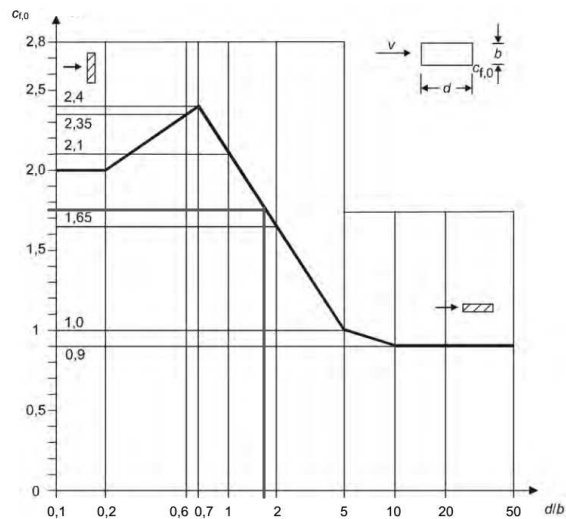
$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{20.1}{125.6} = 0.16$$

Součinitel koncového efektu pro obdélníkové profily:



$$\psi_\lambda = 0.99$$

Referenční součinitel sil pro výplňové pruty příhradoviny:



$$C_{fx,0} = 1.76$$

Součinitel sil pro výplňové pruty příhradoviny:

$$C_{fx} = C_{fx,0} \psi_r \psi_\lambda = 1.76 \cdot 0.766 \cdot 0.99 = 1.34$$

Zatížení krajních diagonál a horního pásu ve směru x:

$$f_{w,x} = C_s C_d C_{fx} q_p(z) b = 1.0 \cdot 1.34 \cdot 483 \cdot 0.08 = 52 \text{ N/m}$$

5 Zatěžovací stavy

Celkem je uvažováno 15 zatěžovacích stavů, z toho jsou 2 zatěžovací stavy pro zatížení stálá a 13 zatěžovacích stavů pro zatížení proměnná. Stálá zatížení tvoří vlastní tíha konstrukce a ostatní stálá zatížení, proměnná zatížení jsou pak zatížení od dopravy (7 zatěžovacích stavů od zatížení davem chodců včetně vodorovné složky tohoto zatížení + zatížení zábradlí a 2 zatěžovací stavy od soustředěného zatížení, jelikož je zamezeno vjezdu obslužného vozidla) a od zatížení klimatického (4 zatěžovací stavy od zatížení větrem). Výčet všech zatěžovacích stavů je shrnut v tabulce níže:

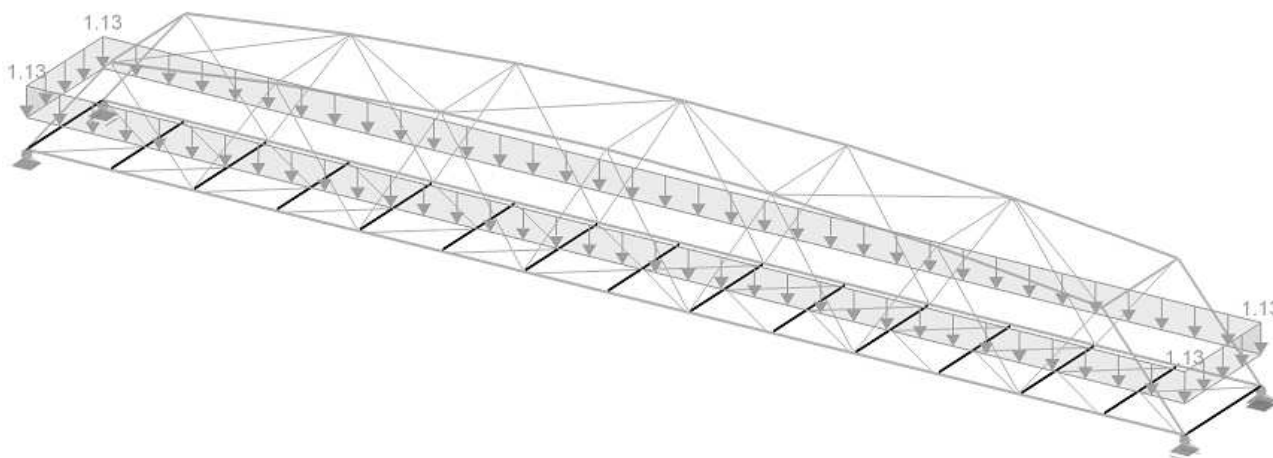
zatěžovací stav	popis	kategorie účinků
ZS1	vlastní tíha	Stálé
ZS2	ostatní stálé zatížení	Stálé
ZS3	zatížení davem chodců – plné	gr1
ZS4	zatížení davem chodců – levá 1/2 příčně	gr1
ZS5	zatížení davem chodců – pravá 1/2 příčně	gr1
ZS6	zatížení davem chodců – levá 1/2 podélně	gr1
ZS7	zatížení davem chodců – pravá 1/2 podélně	gr1
ZS8	zatížení davem chodců – šach 1	gr1
ZS9	zatížení davem chodců – šach 2	gr1
ZS10	soustředěné zatížení – uprostřed	gr2
ZS11	soustředěné zatížení – kraj	gr2
ZS12	zatížení větrem ve směru x a -z	Zatížení větrem – F_{wk}
ZS13	zatížení větrem ve směru x a +z	Zatížení větrem – F_{wk}
ZS14	zatížení větrem ve směru y a -z	Zatížení větrem – F_{wk}
ZS15	zatížení větrem ve směru y a +z	Zatížení větrem – F_{wk}

5.1 ZS1 – Vlastní tíha

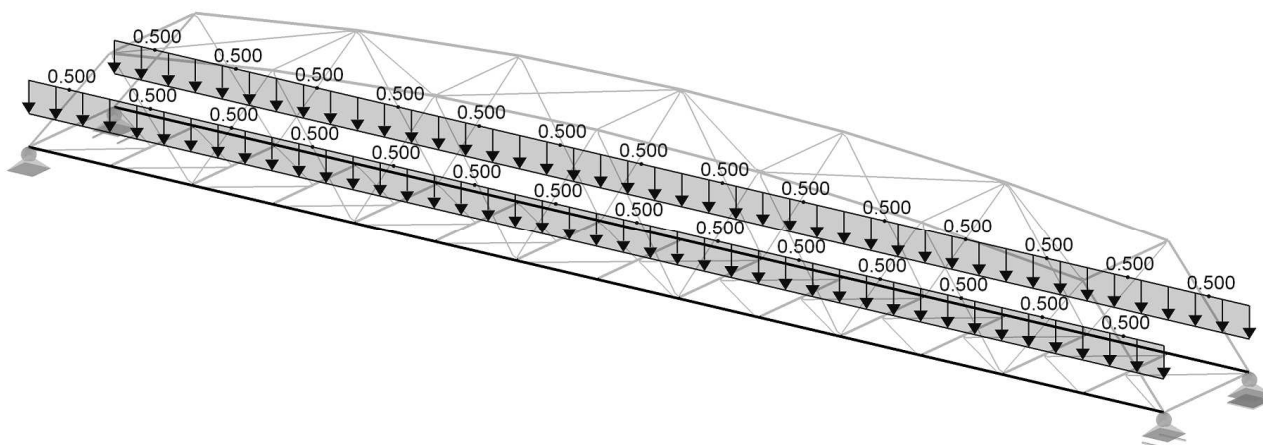
Zatížení generováno softwarově dle použitého průřezu a jeho délky.

5.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení

Příčníky:

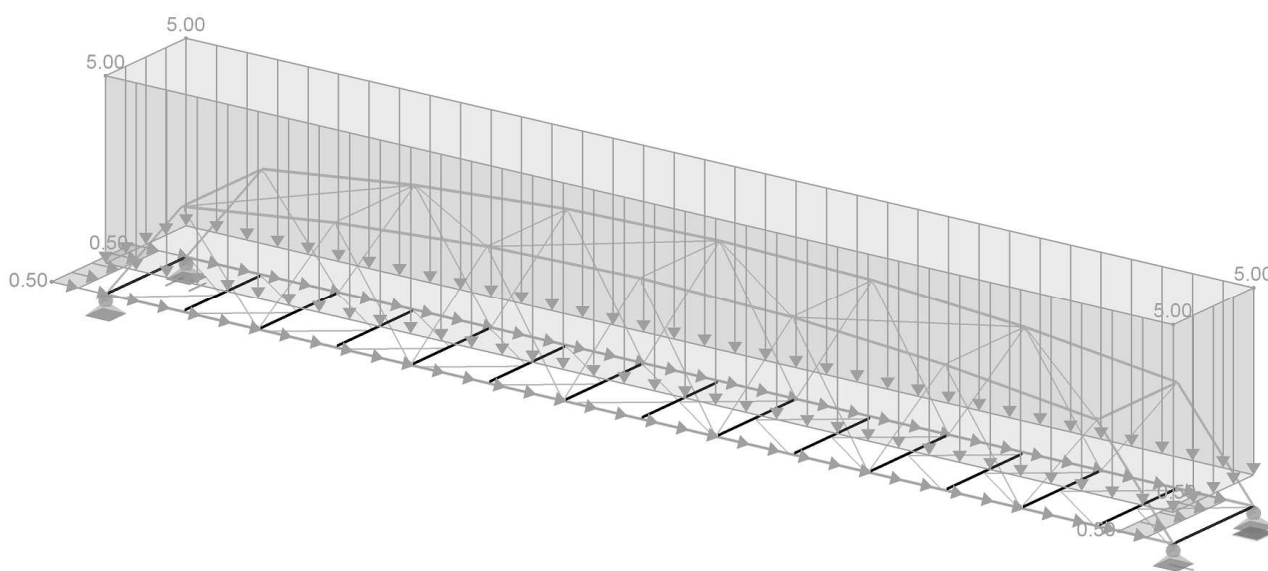


Dolní pás:

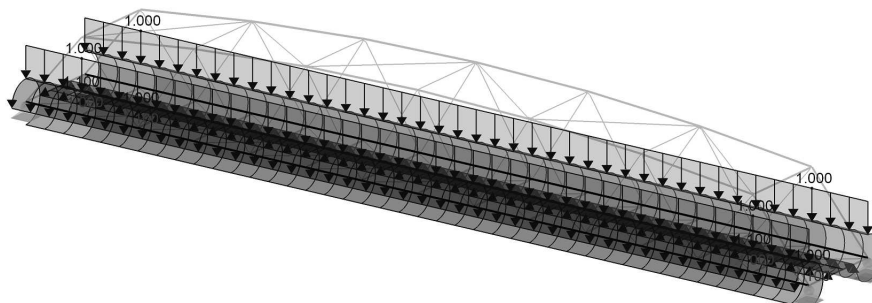
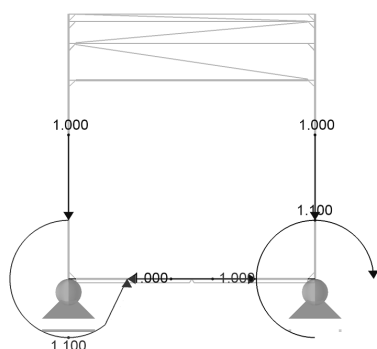


5.3 ZS3 – Zatížení davem chodců – plné

Příčnicky:

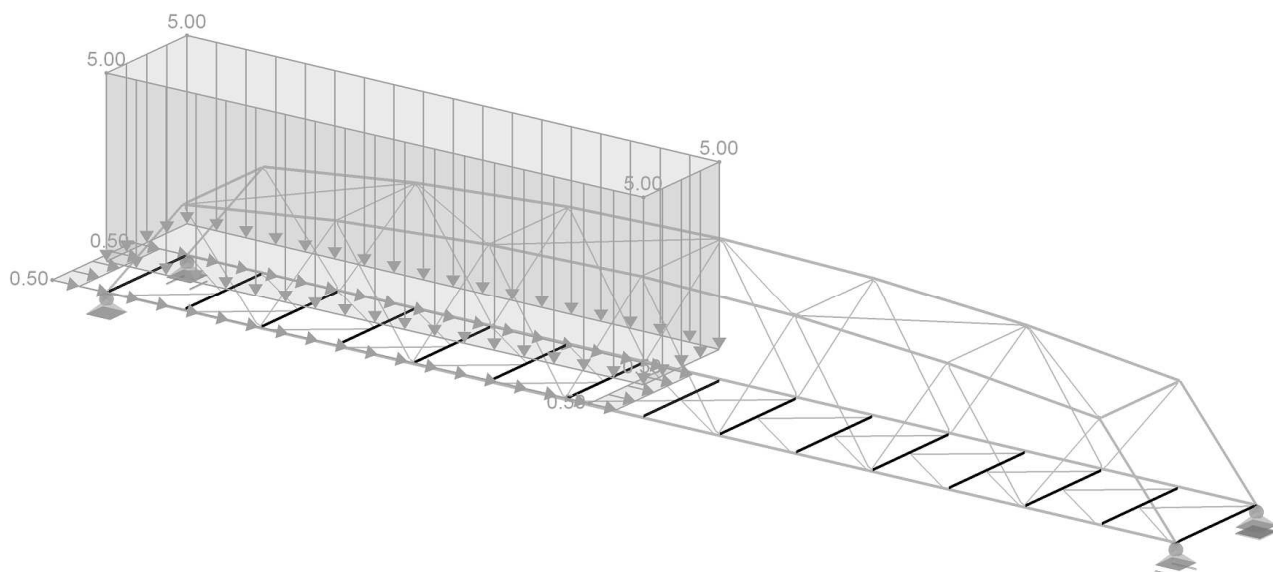


Dolní pás:

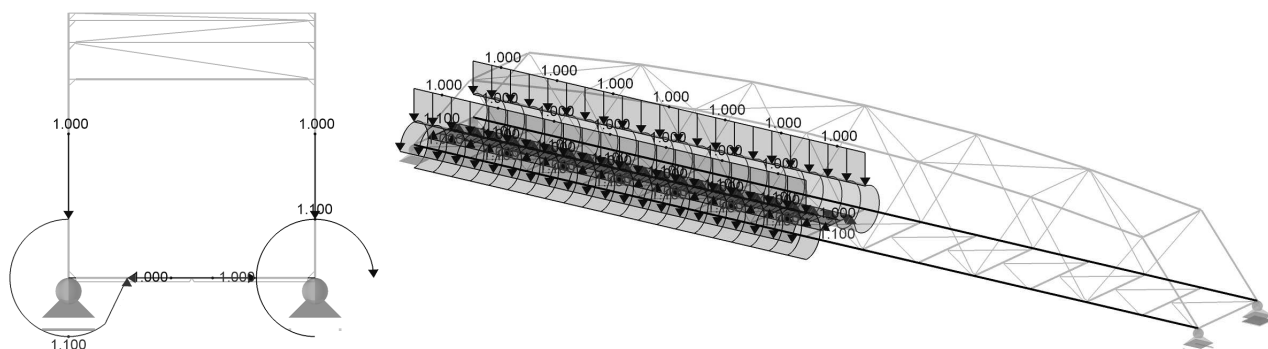


5.4 ZS4 – Zatížení davem chodců – levá 1/2 příčně

Příčnicky:

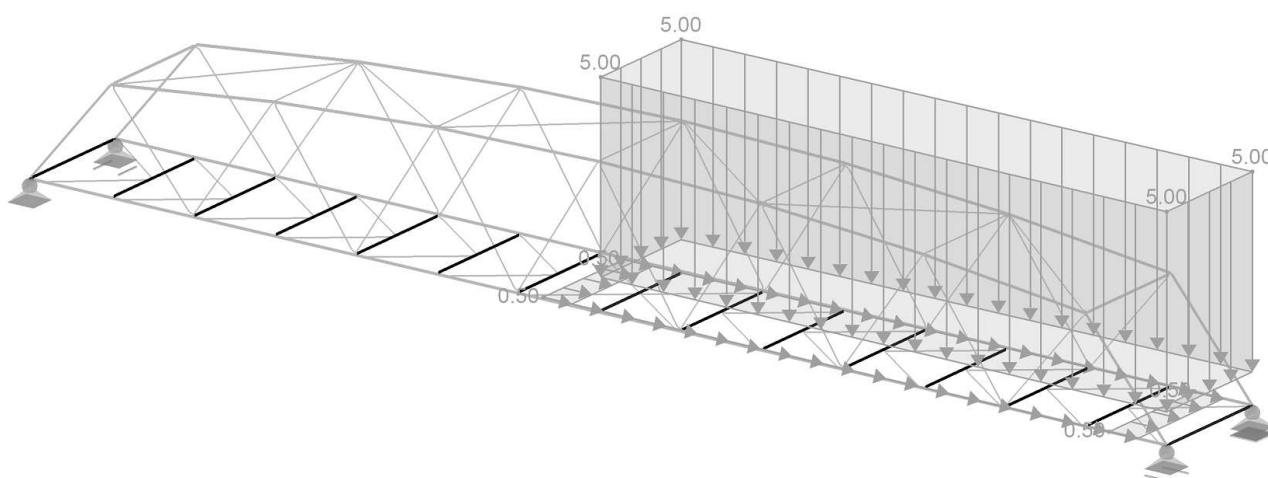


Dolní pás:

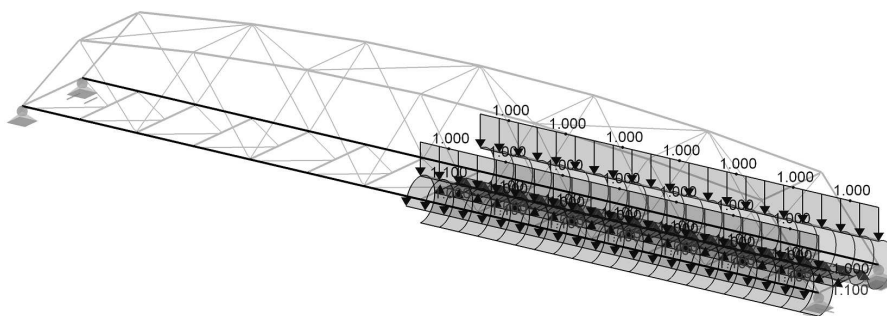
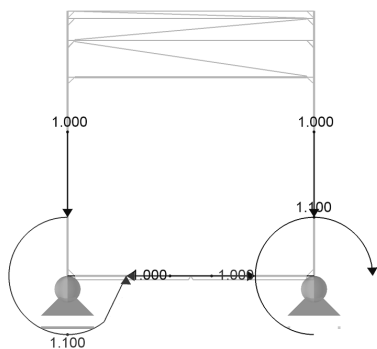


5.5 ZS5 – Zatížení davem chodců – pravá 1/2 příčně

Příčnicky:

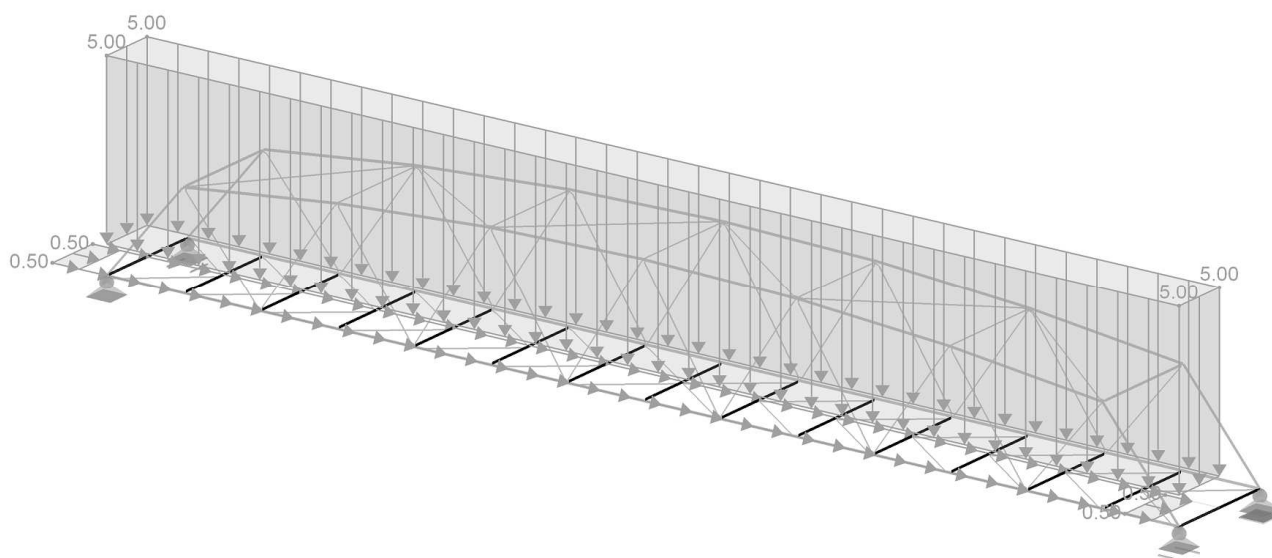


Dolní pás:

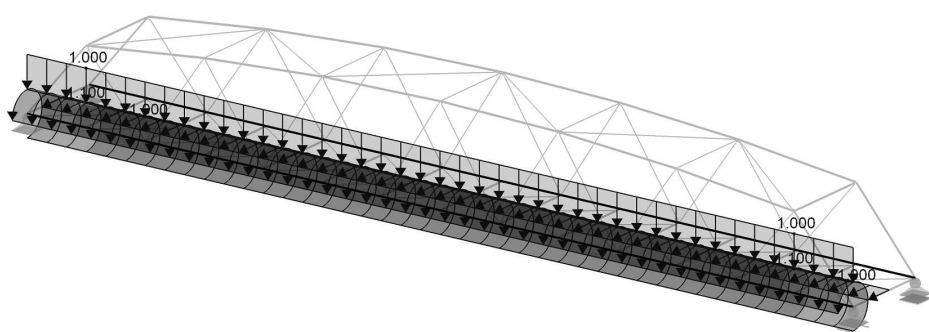
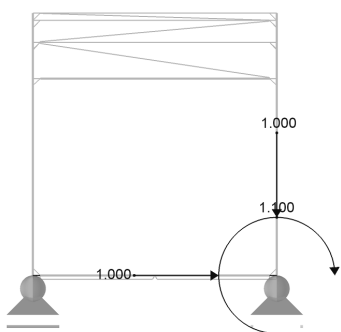


5.6 ZS6 – Zatížení davem chodců – levá 1/2 podélně

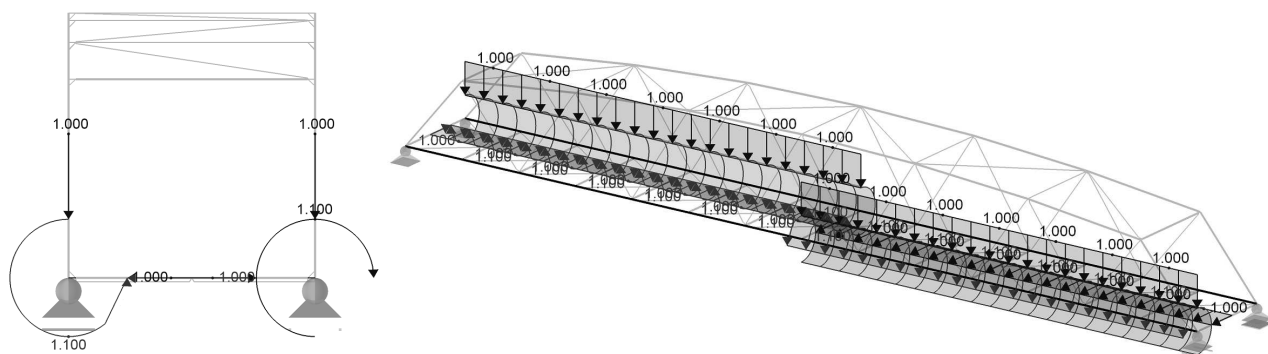
Příčnicky:



Dolní pás:

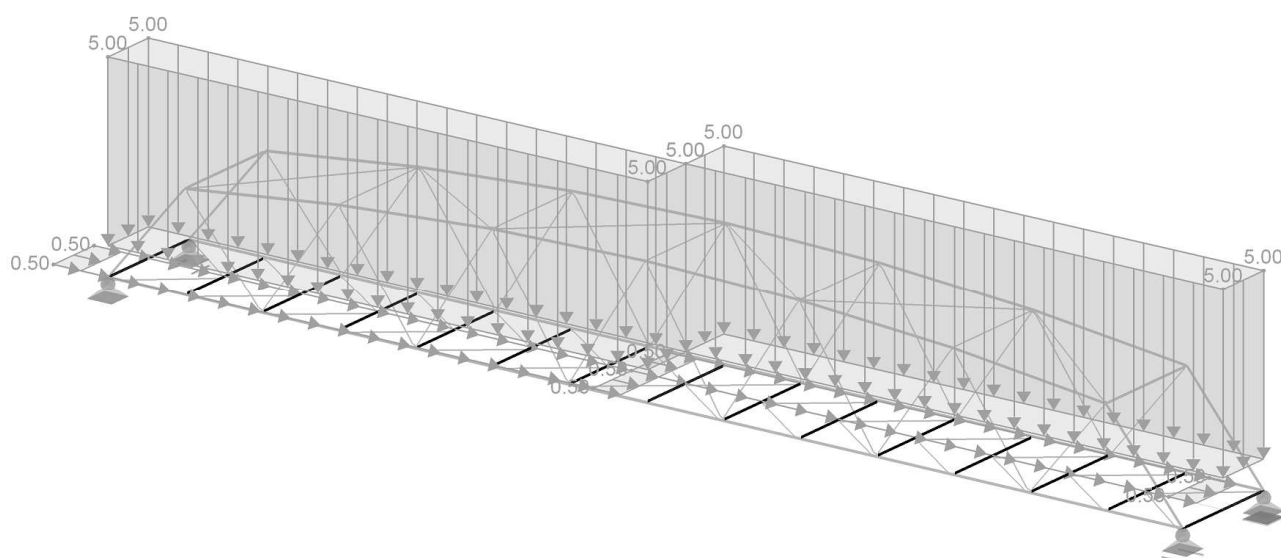


Dolní pás:

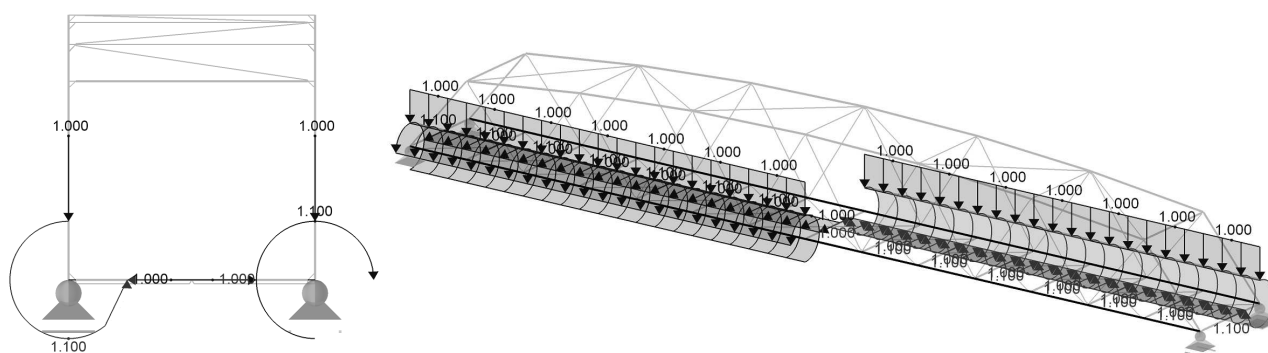


5.9 ZS9 – Zatížení davem chodců – šach 2

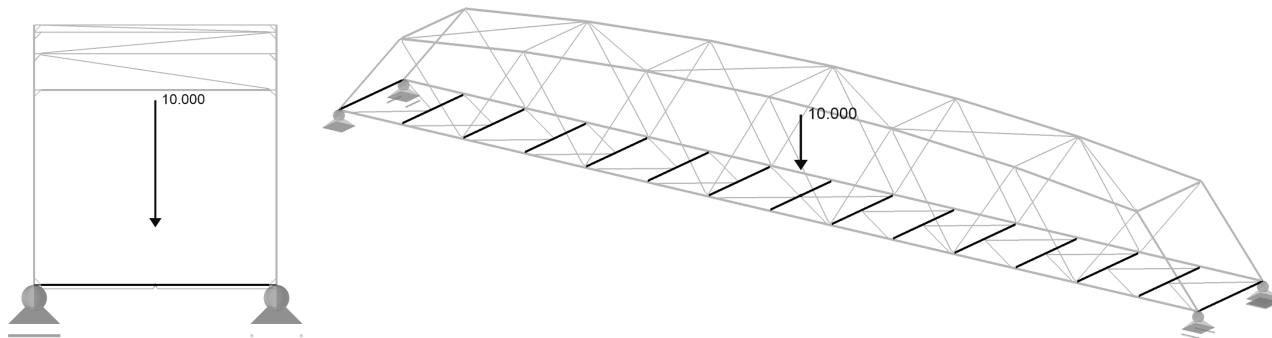
Příčnicky:



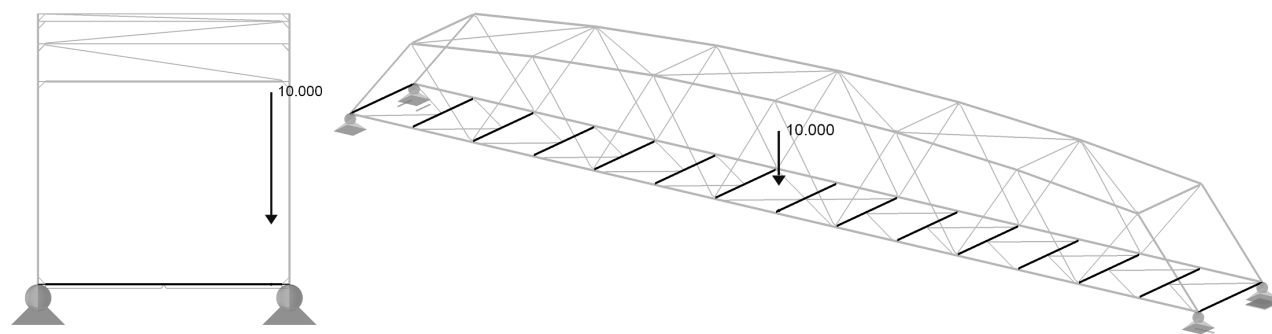
Dolní pás:



5.10 ZS10 – Soustředěné zatížení – uprostřed

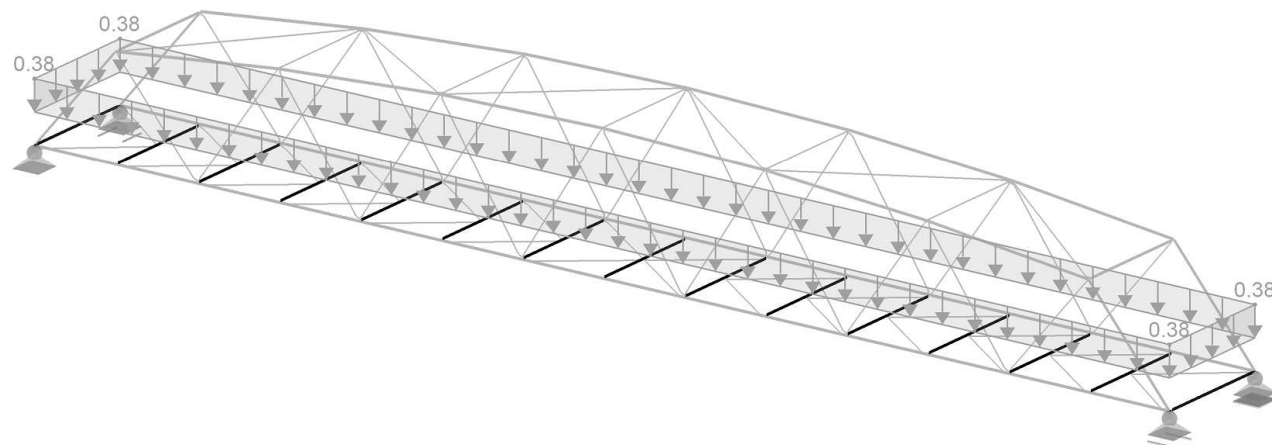


5.11 ZS11 – Soustředěné zatížení – kraj

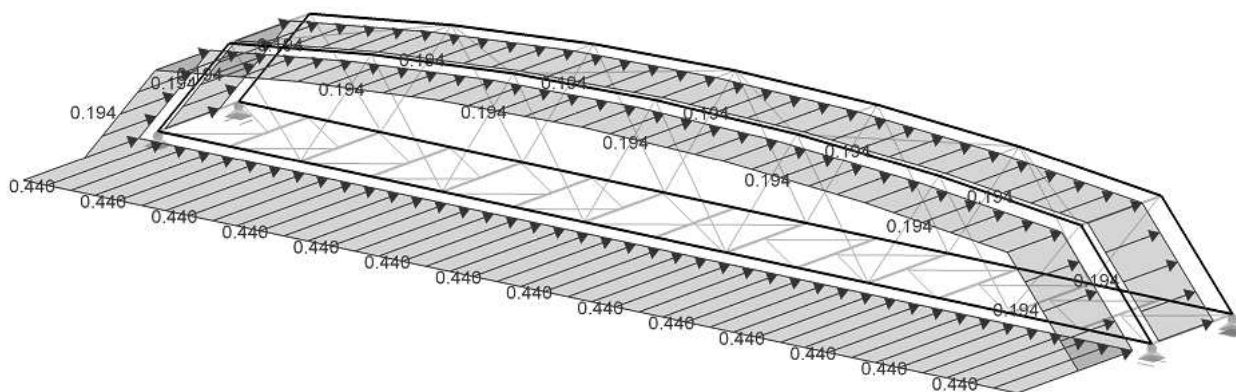


5.12 ZS12 – zatížení větrem ve směru x a -z

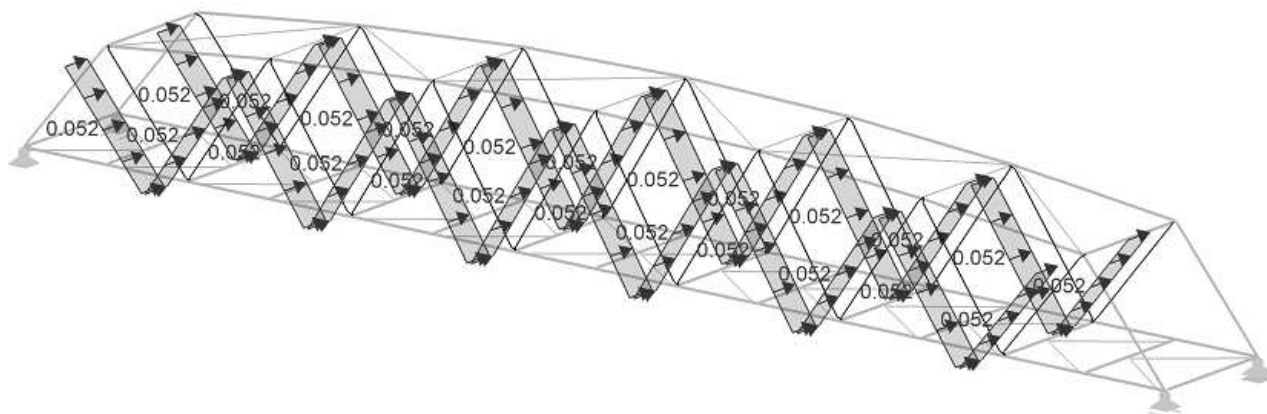
Příčnicky:



Pásové pruty a krajní diagonály:

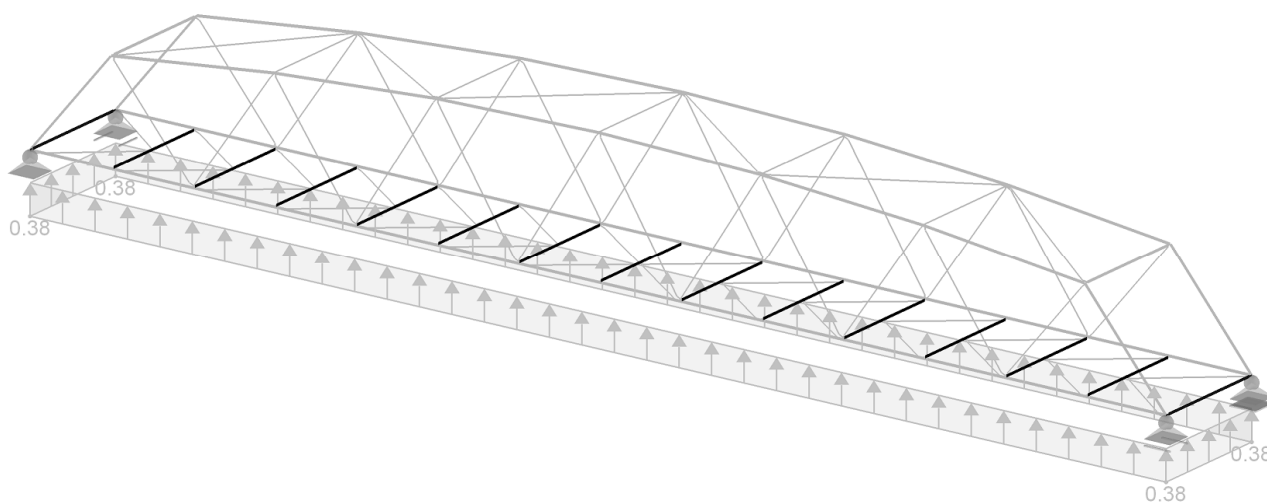


Běžné diagonály:

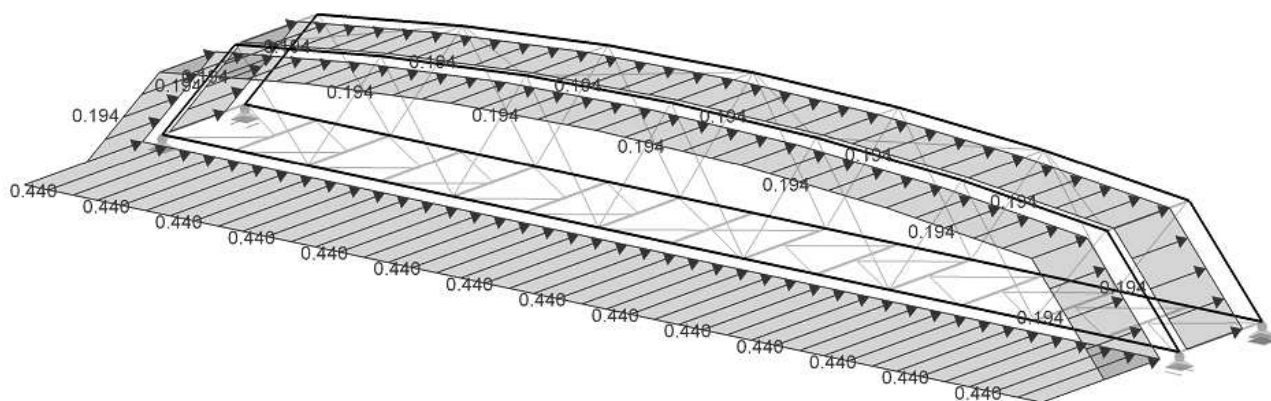


5.13 ZS13 – zatížení větrem ve směru x a +z

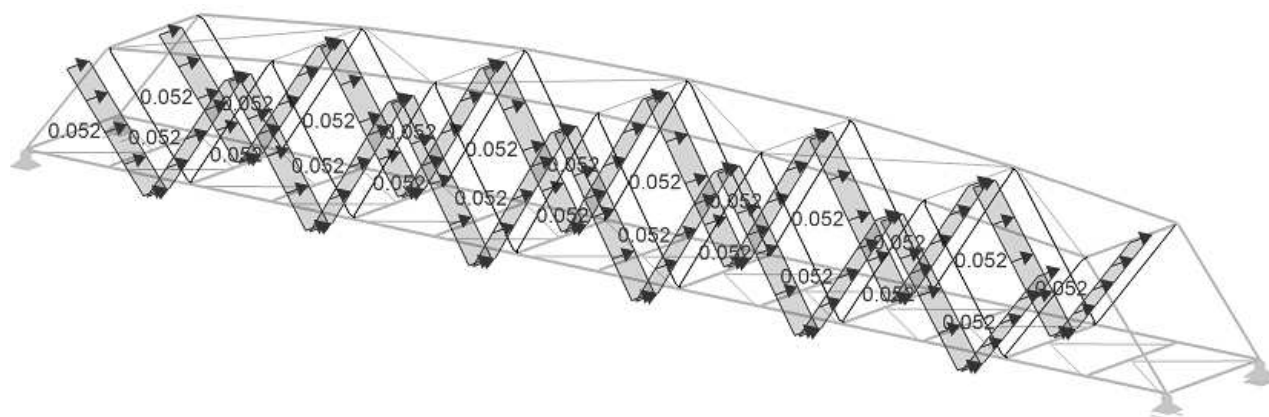
Příčníky:



Pásové pruty a krajní diagonály:

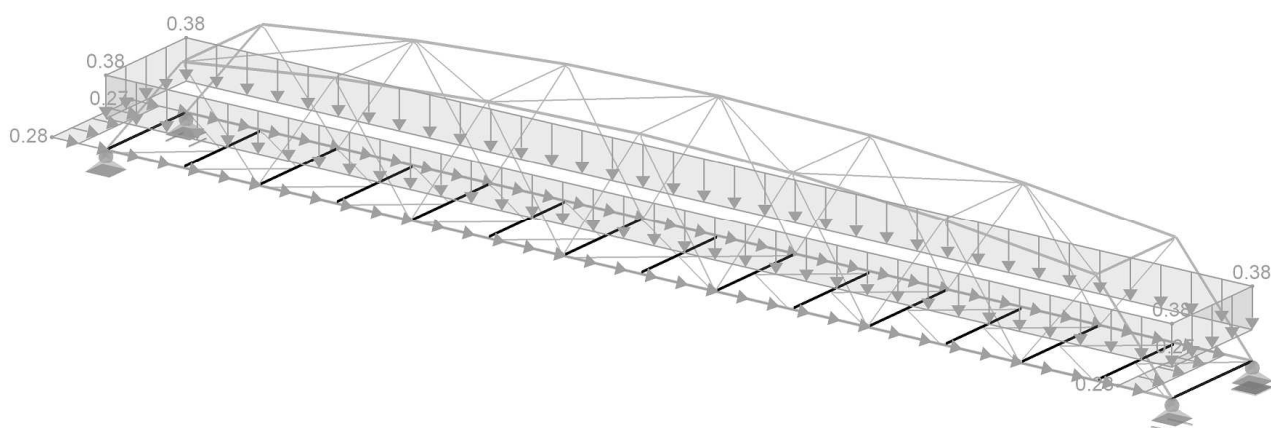


Běžné diagonály:

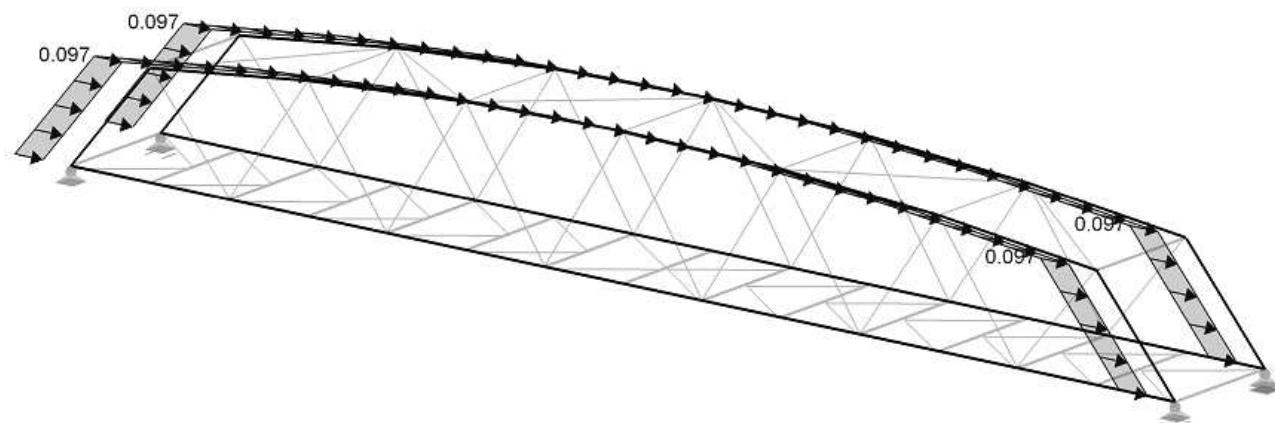


5.14 ZS14 – zatížení větrem ve směru y a -z

Příčnicky:

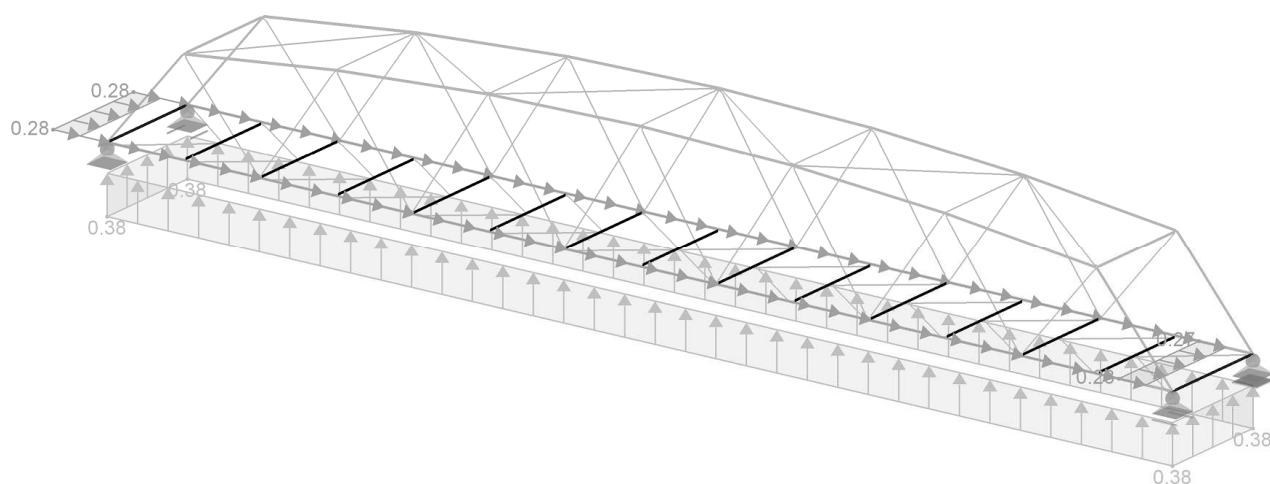


Pásové pruty a krajní diagonály:

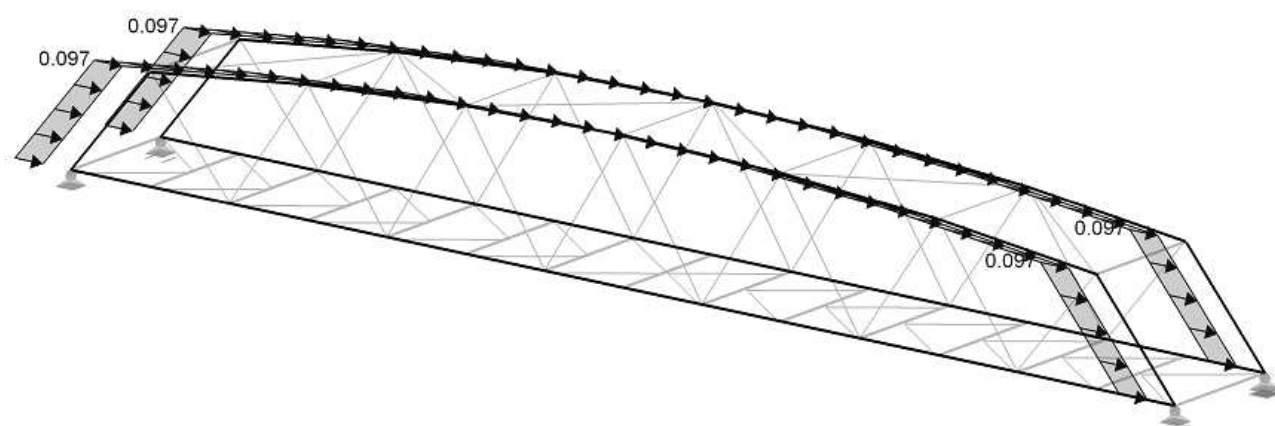


5.15 ZS15 – zatížení větrem ve směru y a +z

Příčnicky:



Pásové pruty a krajní diagonály:



6 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly stanoveny dle Eurocode 0 a jeho příloh. Pro ověření MSÚ byla použita méně příznivá návrhová kombinace dle rovnic EC0 (6.10a):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

a EC0 (6.10b):

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Pro ověření MSP byla použita charakteristická kombinace dle rovnice EC0 (6.14b):

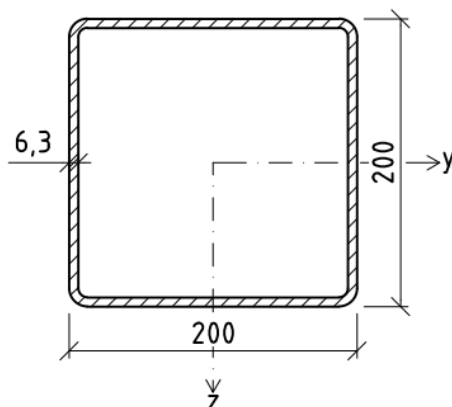
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Výpis jednotlivých kombinací pro ověření MSÚ a MSP včetně jejich klíče je uveden v **Části E – Přílohy**.

7 Posouzení MSÚ

7.1 Dolní pás

7.1.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 200x6.3



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka stěn	t	6.3	mm
Plocha průřezu	A	4840	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	3.011E+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	3.011E+07	mm ⁴
Plocha uzavřená střednicemi	A_k	37484.2	mm ²

Průřezové charakteristiky rozhodujícího napěťového bodu – bod 11 (levý dolní roh):

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Souřadnice napěťového bodu	e_y	-90.6	mm
Souřadnice napěťového bodu	e_z	100.0	mm
Statický moment	S_y	55313.2	mm ³
Statický moment	S_z	61463.5	mm ³

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 96):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	658.64	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	28.33	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	3.80	kNm
Krouticí moment	T_{Ed}	-2.64	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-4.30	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	17.48	kN

7.1.2 Posouzení srovnávacího napětí dle EC3-1-1 (6.1)**Podélná normálová napětí v rozhodujícím napětěvém bodě – bod 5 (levý horní roh):**

$$\sigma_{x,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{658.64 \cdot 10^3}{4840} = 136.08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,My,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{28.33 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 100 = 94.09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Mz,Ed} = -\frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = -\frac{3.80 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot (-90.6) = 11.43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{x,N,Ed} + \sigma_{x,My,Ed} + \sigma_{x,Mz,Ed} = 136.08 + 94.09 + 11.43 = 241.6 \text{ MPa}$$

Smyková napětí v rozhodujícím napětěvém bodě – bod 5 (levý horní roh):

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{2A_k t} = \frac{-2.64 \cdot 10^6}{2 \cdot 37484.2 \cdot 6.3} = -5.59 \text{ MPa}$$

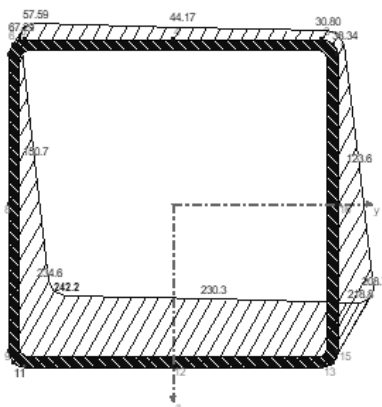
$$\tau_{V,y,Ed} = -\frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot t} = -\frac{(-4.30 \cdot 10^3) \cdot 61463.5}{3.011 \cdot 10^7 \cdot 6.3} = 1.39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{V,z,Ed} = -\frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t} = -\frac{17.48 \cdot 10^3 \cdot 55313.2}{3.011 \cdot 10^7 \cdot 6.3} = -5.10 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = \tau_{t,Ed} + \tau_{V,y,Ed} + \tau_{V,z,Ed} = -5.59 + 1.39 - 5.10 = -9.3 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí v rozhodujícím napětěvém bodě – bod 5 (levý horní roh):

$$\sigma_{eqv,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3\tau_{Ed}^2} = \sqrt{241.6^2 + 3(-9.3)^2} = 242.2 \text{ MPa}$$



Posouzení dle EC3-1-1 (6.1):

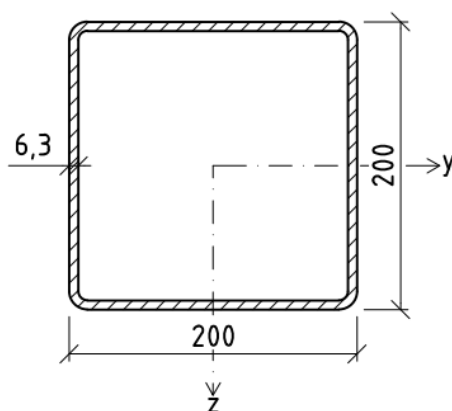
$$\frac{\sigma_{eqv,Ed}}{(f_y/\gamma_{M0})} \leq 1.00$$

$$\frac{242.2}{(355/1.00)} \leq 1.00$$

$$0.68 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.2 Horní pás

7.2.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 200x6.3



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	6.3	mm
Tloušťka stojin	t_w	6.3	mm
Výška pásnic	c_f	174.8	mm
Výška stojin	c_w	174.8	mm
Plocha průřezu	A	4840	mm ²
Moment setrvačnosti	I	3.011E+07	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W_{el}	301000	mm ³
Plastický průřezový modul	W_{pl}	350000	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 82):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-670.90	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	1.19	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-5.44	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	-0.10	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-2.49	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	1.19	kN

7.2.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.2.2.1 Pásnice**Napětí na pravém okraji horní pásnice (bod A):**

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{670.90 \cdot 10^3}{4840} = 138.6 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{1.19 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 100 = 4.0 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_z,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.44 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 87.4 = 15.8 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,M_y,Ed} + \sigma_{f,A,M_z,Ed} = 138.6 + 4.0 + 15.8 = 158.4 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na levém okraji horní pásnice (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{670.90 \cdot 10^3}{4840} = 138.6 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{1.19 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 100.0 = 4.0 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_z,Ed} = -\frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = -\frac{5.44 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 87.4 = -15.8 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,B,N,Ed} + \sigma_{f,B,M_y,Ed} + \sigma_{f,B,M_z,Ed} = 138.6 + 4.0 - 15.8 = 126.8 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_f/t_f :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{174.8}{6.3} = 27.75$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{158.4} \cdot 126.8 = 284.2 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_f = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{284.2}{355} = 0.801$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85$$

$$(c_f/t_f)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92 > 27.75 \quad \dots \text{ pásnice je třídy 2}$$

$$(c_f/t_f)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.801} = 36.58$$

7.2.2.2 Stojina**Napětí na horním okraji pravé stojiny (bod A):**

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{670.90 \cdot 10^3}{4840} = 138.6 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,My,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{18.19 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 87.4 = 3.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.44 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 100 = 18.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 138.6 + 3.5 + 18.1 = 160.2 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na dolním okraji pravé stojiny (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{670.90 \cdot 10^3}{4840} = 138.6 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,My,Ed} = -\frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = -\frac{18.19 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 87.4 = -3.5 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.44 \cdot 10^6}{3.011 \cdot 10^7} \cdot 100 = 18.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,B,N,Ed} + \sigma_{f,B,My,Ed} + \sigma_{f,B,Mz,Ed} = 138.6 - 3.5 + 18.1 = 153.2 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_w/t_w :

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{174.8}{6.3} = 27.75$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{160.2} \cdot 153.2 = 339.6 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_w = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{339.6}{355} = 0.957$$

Maximální poměr c_{tf}/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85$$

$$(c_w/t_w)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92 > 27.75 \dots \text{ stojina je třídy 2}$$

$$(c_w/t_w)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.957} = 34.67$$

7.2.2.3 Celý průřez

Pásnice i stojina jsou třídy 2, tudíž celý průřez je třídy 2.

7.2.3 Posouzení vzpěrné únosnosti okolo os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (získána stabilitní analýzou):

$$L_{cr} = 5349 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 3.011 \cdot 10^7}{5349^2} = 2181 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3637.8 \cdot 355}{2181 \cdot 10^3}} = 0.888$$

Pomocný součinitel:

$$\phi_y = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5[1 + 0.21(0.888 - 0.2) + 0.888^2] = 0.966$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0.966 + \sqrt{0.966^2 - 0.888^2}} = 0.742$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.742 \cdot 4840 \cdot 355}{1.10} = 1159 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{670.9}{1159} = 0.58 \leq 1.00 \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

7.2.4 Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3

Charakteristická hodnota osově únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = A f_y = 4840 \cdot 355 = 1718 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v ohybu kolem os y-y a z-z:

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y = 350000 \cdot 355 = 124.3 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 350000 \cdot 355 = 124.3 \text{ kNm}$$

Poměrné štíhlosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\bar{\lambda}_y = 0.888 \quad \dots \text{ viz 7.2.3}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0.888 \quad \dots \text{ viz 7.2.3}$$

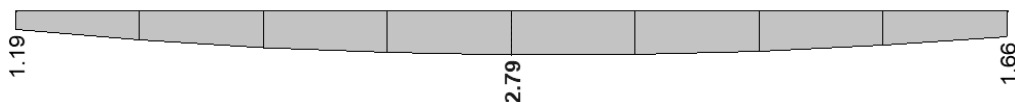
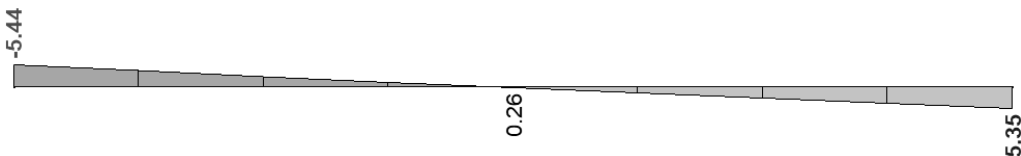
Součinitelé vzpěrnosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\chi_y = 0.742 \quad \dots \text{ viz 7.2.3}$$

$$\chi_z = 0.742 \quad \dots \text{ viz 7.2.3}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1.000 \quad \dots \text{ uzavřený profil je tuhý v kroucení}$$

Průběh $M_{y,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:**Průběh $M_{z,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:****Součinitelé momentu dle EC3-1-1 T.B.3:**

$$M_{h,y} = 1.66 \text{ kNm}$$

$$M_{s,y} = 2.76 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \frac{1.19}{1.66} = 0.717$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{1.66}{2.76} = 0.601$$

$$C_{my} = 0.95 + 0.05\alpha_{h,y} = 0.95 + 0.05 \cdot 0.601 = 0.980$$

$$M_z = -5.44 \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \frac{5.35}{-5.44} = -0.983$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4\psi_z = 0.6 + 0.4 \cdot (-0.983) = 0.207 < 0.4 \quad \rightarrow C_{mz} = 0.4$$

Interakční součinitelé k_{yy} , k_{zz} , k_{yz} a k_{zy} dle EC3-1-1 T.B.1:

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.980 \left(1 + (0.888 - 0.2) \frac{670.90}{0.742 \cdot 1718 / 1.10} \right) = 1.370$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.400 \left(1 + (0.888 - 0.2) \frac{670.90}{0.742 \cdot 1718 / 1.10} \right) = 0.559$$

$$k_{yz} = 0.6 k_{zz} = 0.6 \cdot 0.559 = 0.336$$

$$k_{zy} = 0.6 k_{yy} = 0.6 \cdot 1.370 = 0.822$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.61):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{670.90}{\frac{0.742 \cdot 1718}{1.10}} + 1.370 \frac{1.19}{\frac{1.00 \cdot 124.3}{1.10}} + 0.336 \frac{5.44}{\frac{124.3}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.61 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.62):

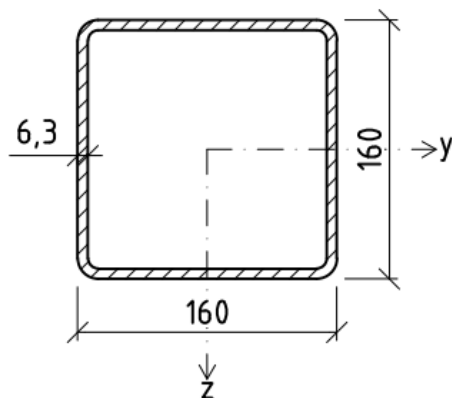
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{670.90}{\frac{0.742 \cdot 1718}{1.10}} + 0.822 \frac{1.19}{\frac{1.00 \cdot 124.3}{1.10}} + 0.559 \frac{5.44}{\frac{124.3}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.61 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.3 Krajní diagonály

7.3.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 160x6.3



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	6.3	mm
Tloušťka stojin	t_w	6.3	mm
Výška pásnic	c_f	134.8	mm
Výška stojin	c_w	134.8	mm
Plocha průřezu	A	3830	mm ²
Moment setrvačnosti	I	1.499E+07	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W_{el}	1.870E+05	mm ³
Plastický průřezový modul	W_{pl}	2.200E+05	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 89):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-347.4	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	13.9	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-22.2	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	2.61	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	7.32	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	4.47	kN

7.3.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.3.2.1 Pásnice**Napětí na pravém okraji horní pásnice (bod A):**

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{347.4 \cdot 10^3}{3830} = 90.7 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{13.9 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 80 = 74.2 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_z,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{22.2 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 67.4 = 99.8 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,M_y,Ed} + \sigma_{f,A,M_z,Ed} = 90.7 + 74.2 + 99.8 = 264.7 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na levém okraji horní pásnice (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{347.4 \cdot 10^3}{3830} = 90.7 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{13.9 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 80 = 74.2 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_z,Ed} = -\frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = -\frac{22.2 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 67.4 = -99.8 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,B,N,Ed} + \sigma_{f,B,M_y,Ed} + \sigma_{f,B,M_z,Ed} = 90.7 + 74.2 - 99.8 = 65.1 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_f/t_f :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{134.8}{6.3} = 21.40$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{264.7} \cdot 65.1 = 87.3 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_f = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{87.3}{355} = 0.246$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85 > 21.40 \quad \dots \text{ pásnice je třídy 1}$$

$$(c_f/t_f)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92$$

$$(c_f/t_f)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.246} = 45.49$$

7.3.2.2 Stojina

Napětí na horním okraji pravé stojiny (bod A):

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{347.4 \cdot 10^3}{3830} = 90.7 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,My,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{13.9 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 67.4 = 62.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{22.2 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 80 = 118.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 90.7 + 62.5 + 118.5 = 271.3 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na dolním okraji pravé stojiny (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{347.4 \cdot 10^3}{3830} = 90.7 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,My,Ed} = -\frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = -\frac{13.9 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 97.4 = -62.5 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{22.2 \cdot 10^6}{1.499 \cdot 10^7} \cdot 110 = 118.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 90.7 - 62.5 + 118.5 = -145.6 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_w/t_w :

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{134.8}{6.3} = 21.40$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{271.3} \cdot 146.6 = 191.8 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_w = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{191.8}{355} = 0.540$$

Maximální poměr c_w/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85 > 21.40 \dots \text{ stojina je třídy 1}$$

$$(c_w/t_w)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92$$

$$(c_w/t_w)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.540} = 40.28$$

7.3.2.3 Celý průřez

Pásnice i stojina jsou třídy 1, tudíž celý průřez je třídy 1.

7.3.3 Posouzení vzpěrné únosnosti kolem os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (získána stabilitní analýzou):

$$L_{cr} = 5814 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1.499 \cdot 10^7}{5814^2} = 919 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3830 \cdot 355}{919 \cdot 10^3}} = 1.216$$

Pomocný součinitel:

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5[1 + 0.21(1.216 - 0.2) + 1.216^2] = 1.346$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1.346 + \sqrt{1.346^2 - 1.216^2}} = 0.520$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.520 \cdot 3830 \cdot 355}{1.10} = 643 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{347.4}{643} = 0.54 \leq 1.00 \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

7.3.4 Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3

Charakteristická hodnota osově únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = A f_y = 3830 \cdot 355 = 1360 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v ohybu kolem os y-y a z-z:

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y = 2.200 \cdot 10^5 \cdot 355 = 78.1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 2.200 \cdot 10^5 \cdot 355 = 78.1 \text{ kNm}$$

Poměrné štíhlosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\bar{\lambda}_y = 1.216 \quad \dots \text{ viz 7.3.3}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1.216 \quad \dots \text{ viz 7.3.3}$$

Součinitelé vzpěrnosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

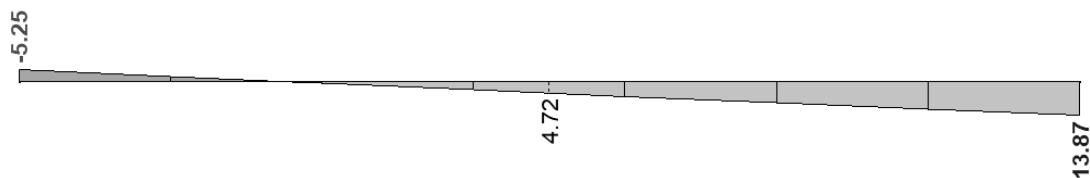
$$\chi_y = 0.520 \quad \dots \text{ viz 7.3.3}$$

$$\chi_z = 0.520 \quad \dots \text{ viz 7.3.3}$$

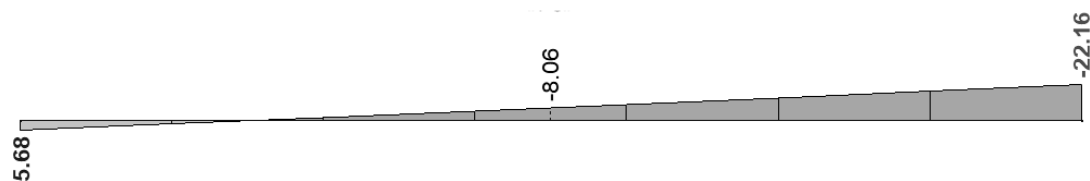
Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1.000 \quad \dots \text{ uzavřený profil je tuhý v kroucení}$$

Průběh $M_{y,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:



Průběh $M_{z,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:



Součinitelé momentu dle EC3-1-1 T.B.3:

$$M_y = 13.9 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \frac{-5.25}{13.9} = -0.378$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4\psi_y = 0.6 + 0.4 \cdot (-0.378) = 0.449 \geq 0.4 \quad \rightarrow C_{my} = 0.449$$

$$M_z = -22.2 \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \frac{5.68}{-22.2} = -0.256$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4\psi_z = 0.6 + 0.4 \cdot (-0.256) = 0.498 \geq 0.4 \quad \rightarrow C_{mz} = 0.498$$

Interakční součinitelé k_{yy} , k_{zz} , k_{yz} a k_{zy} dle EC3-1-1 T.B.1:

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.449 \left(1 + 0.8 \frac{347.4}{0.520 \cdot 1360 / 1.10} \right) = 0.677$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.498 \left(1 + 0.8 \frac{347.4}{0.520 \cdot 1360 / 1.10} \right) = 0.713$$

$$k_{yz} = 0.6 k_{zz} = 0.6 \cdot 0.659 = 0.428$$

$$k_{zy} = 0.6 k_{yy} = 0.8 \cdot 0.595 = 0.406$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.61):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{347.4}{\frac{0.520 \cdot 1360}{1.10}} + 0.677 \frac{13.9}{\frac{1.00 \cdot 78.1}{1.10}} + 0.428 \frac{22.2}{\frac{78.1}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.81 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.62):

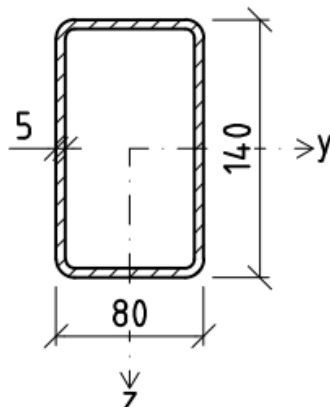
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{347.4}{\frac{0.520 \cdot 1360}{1.10}} + 0.406 \frac{13.9}{\frac{1.00 \cdot 78.1}{1.10}} + 0.713 \frac{22.2}{\frac{78.1}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.84 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.4 Tlačená diagonála

7.4.1 Posuzovaný průřez – TROBD 140x80x5



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	5.0	mm
Tloušťka stojin	t_w	5.0	mm
Výška pásnic	c_f	60	mm
Výška stojin	c_w	120	mm
Plocha průřezu	A	2070	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	5.340E+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	2.210E+06	mm ⁴
Elastický průřezový modul	$W_{y,el}$	76300	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{z,el}$	55300	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{y,pl}$	94300	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{z,pl}$	63600	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 82):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-157.52	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Krouticí moment	T_{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.22	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.05	kN

7.4.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.4.2.1 Pásnice**Poměr c_f/t_f :**

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{60}{5} = 12.00$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = 33 \varepsilon = 33 \cdot 0.814 = 26.85 > 12.00 \quad \dots \text{pásnice je třídy 1}$$

$$(c_f/t_f)_2 = 38 \varepsilon = 38 \cdot 0.814 = 30.92$$

$$(c_f/t_f)_3 = 42 \varepsilon = 42 \cdot 0.814 = 34.17$$

7.4.2.2 Stojina**Poměr c_w/t_w :**

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{120}{5} = 24.00$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = 33 \varepsilon = 33 \cdot 0.814 = 26.85 > 24.00 \quad \dots \text{stojina je třídy 1}$$

$$(c_w/t_w)_2 = 38 \varepsilon = 38 \cdot 0.814 = 30.92$$

$$(c_w/t_w)_3 = 42 \varepsilon = 42 \cdot 0.814 = 34.17$$

7.4.2.3 Celý průřez

Pásnice i stojina jsou třídy 1, celý průřez je tedy třídy 1.

7.4.3 Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (systémová délka):

$$L_{cr,z} = 4091 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2.210 \cdot 10^6}{4091^2} = 274 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2070 \cdot 355}{274 \cdot 10^3}} = 1.639$$

Pomocný součinitel:

$$\phi_z = 0.5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0.5[1 + 0.21(1.639 - 0.2) + 1.639^2] = 1.993$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1.993 + \sqrt{1.993^2 - 1.639^2}} = 0.320$$

Vzpěrná únosnost:

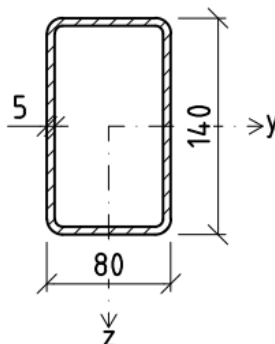
$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.320 \cdot 2070 \cdot 355}{1.10} = 214 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{157.52}{214} = 0.74 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.5 Tažená diagonála

7.5.1 Posuzovaný průřez – TROBD 140x80x5



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Plocha průřezu	A	2070	mm ²

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 82):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	284.43	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.22	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.04	kN

7.5.2 Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

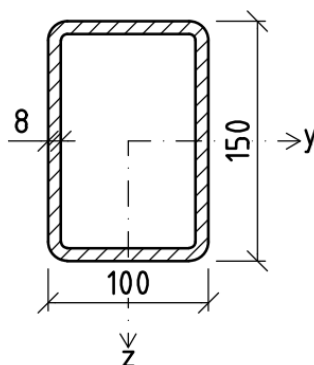
$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2070 \cdot 355}{1.00} = 735 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{284.43}{735} = 0.39 \leq 1.00$$

7.6 Příčníky

7.6.1 Posuzovaný průřez – TROBD 150x100x8



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	8	mm
Tloušťka stojin	t_w	8	mm
Výška pásnic	c_f	68	mm
Výška stojin	c_w	118	mm
Plocha průřezu	A	3680	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	1.087E+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	5.690E+06	mm ⁴
Elastický průřezový modul	$W_{el,y}$	145000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,z}$	113900	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	180000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	135000	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 82):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-49.8	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	29.2	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-5.9	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	0.51	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-8.50	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.06	kN

7.6.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.6.2.1 Pásnice**Napětí na pravém okraji horní pásnice (bod A):**

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{49.8 \cdot 10^3}{3680} = 13.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{29.2 \cdot 10^6}{1.087 \cdot 10^7} \cdot 75 = 201.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_z,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.9 \cdot 10^6}{5.690 \cdot 10^6} \cdot 34 = 35.3 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,M_y,Ed} + \sigma_{f,A,M_z,Ed} = 13.5 + 201.1 + 35.3 = 250.0 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na levém okraji horní pásnice (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{49.8 \cdot 10^3}{3680} = 13.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{29.2 \cdot 10^6}{1.087 \cdot 10^7} \cdot 75 = 201.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_z,Ed} = -\frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = -\frac{5.9 \cdot 10^6}{5.690 \cdot 10^6} \cdot 34 = -35.3 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,B,N,Ed} + \sigma_{f,B,M_y,Ed} + \sigma_{f,B,M_z,Ed} = 13.5 + 201.1 - 35.3 = 179.3 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_f/t_f :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{68}{8} = 8.50$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{250} \cdot 179.3 = 254.6 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_f = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{254.6}{355} = 0.717$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85 > 8.50 \quad \dots \text{ pásnice je třídy 1}$$

$$(c_f/t_f)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92$$

$$(c_f/t_f)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.717} = 37.69$$

7.6.2.2 Stojina

Napětí na horním okraji pravé stojiny (bod A):

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{49.8 \cdot 10^3}{3680} = 13.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,My,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{29.2 \cdot 10^6}{1.087 \cdot 10^7} \cdot 59 = 158.2 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.9 \cdot 10^6}{5.690 \cdot 10^6} \cdot 50 = 51.9 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 13.5 + 158.2 + 51.9 = 223.7 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na dolním okraji pravé stojiny (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{49.8 \cdot 10^3}{3680} = 13.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,My,Ed} = -\frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = -\frac{29.2 \cdot 10^6}{1.087 \cdot 10^7} \cdot 59 = -158.2 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{5.9 \cdot 10^6}{5.690 \cdot 10^6} \cdot 50 = 51.9 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 13.5 - 158.2 + 51.9 = -92.7 \text{ MPa (tah)}$$

Poměr c_w/t_w :

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{118}{8} = 14.75$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = \frac{\sigma_{f,A,Ed}}{\sigma_{f,A,Ed} + |\sigma_{f,B,Ed}|} = \frac{223.7}{223.7 + |-92.7|} = 0.707$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{223.7} \cdot (-92.7) = -147.1 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_w = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{-147.1}{355} = -0.414$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 0.707-1} = 39.35 > 14.75 \quad \dots \text{ stojina je třídy 1}$$

$$(c_w/t_w)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 0.707-1} = 45.32$$

$$(c_w/t_w)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot (-0.414)} = 64.09$$

7.6.2.3 Celý průřez

Pásnice i stojina jsou třídy 1, tudíž celý průřez je třídy 1.

7.6.3 Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy y-y dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (systémová délka):

$$L_{cr,y} = 3500 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1.087 \cdot 10^7}{3500^2} = 1839 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3680 \cdot 355}{1839 \cdot 10^3}} = 0.843$$

Pomocný součinitel:

$$\phi_y = 0.5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0.5[1 + 0.21(0.843 - 0.2) + 0.843^2] = 0.923$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.923 + \sqrt{0.923^2 - 0.843^2}} = 0.770$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.770 \cdot 3680 \cdot 355}{1.10} = 915 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{49.8}{915} = 0.05 \leq 1.00 \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

7.6.4 Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (systémová délka):

$$L_{cr,z} = 1750 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 5.690 \cdot 10^6}{1750^2} = 3851 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3680 \cdot 355}{3851 \cdot 10^3}} = 0.582$$

Pomocný součinitel:

$$\phi_z = 0.5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0.5[1 + 0.21(0.582 - 0.2) + 0.582^2] = 0.710$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0.710 + \sqrt{0.710^2 - 0.582^2}} = 0.897$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.897 \cdot 3680 \cdot 355}{1.10} = 1065 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{49.8}{1065} = 0.05 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.6.5 Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3

Charakteristická hodnota osově únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = Af_y = 3680 \cdot 355 = 1306 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v ohybu kolem os y-y a z-z:

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y = 180000 \cdot 355 = 63.9 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 135000 \cdot 355 = 47.9 \text{ kNm}$$

Poměrné štíhlosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\bar{\lambda}_y = 0.843 \quad \dots \text{viz 7.6.3}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0.582 \quad \dots \text{viz 7.6.4}$$

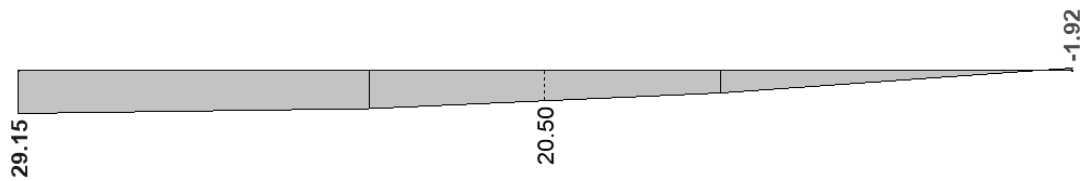
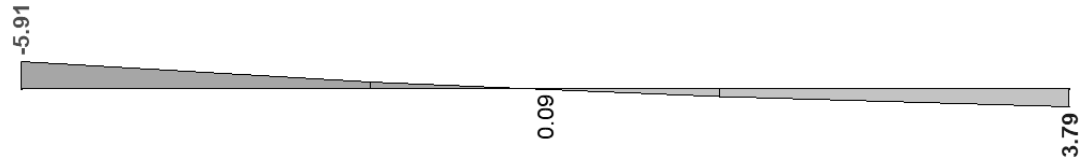
Součinitelé vzpěrnosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\chi_y = 0.770 \quad \dots \text{viz 7.6.3}$$

$$\chi_z = 0.897 \quad \dots \text{viz 7.6.4}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1.000 \quad \dots \text{uzavřený profil je tuhý v kroucení}$$

Průběh $M_{y,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:**Průběh $M_{z,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:****Součinitelé momentu dle EC3-1-1 T.B.3:**

$$M_{h,y} = 29.15 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \frac{-1.92}{29.15} = -0.066$$

$$M_{s,y} = 21.36 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}} = \frac{21.36}{29.15} = 0.733$$

$$C_{my} = 0.2 + 0.8\alpha_{s,y} = 0.2 + 0.8 \cdot 0.733 = 0.786 \geq 0.4 \quad \rightarrow C_{my} = 0.786$$

$$M_{h,z} = -5.91 \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \frac{3.79}{-5.91} = -0.641$$

$$M_{s,z} = 0.23 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{0.23}{-5.91} = -0.039$$

$$C_{mz} = 0.1(1 - \psi) - 0.8\alpha_{s,z} = 0.1(1 + 0.641) - 0.8 \cdot (-0.039) = 0.195 < 0.4 \rightarrow C_{mz} = 0.400$$

Interakční součinitelé k_{yy} , k_{zz} , k_{yz} a k_{zy} dle EC3-1-1 T.B.1:

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.786 \left(1 + (0.843 - 0.2) \frac{49.8}{0.770 \cdot 841 / 1.10} \right) = 0.829$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.400 \left(1 + (0.582 - 0.2) \frac{49.8}{0.897 \cdot 841 / 1.10} \right) = 0.411$$

$$k_{yz} = 0.6k_{zz} = 0.6 \cdot 0.411 = 0.247$$

$$k_{zy} = 0.6k_{yy} = 0.6 \cdot 0.829 = 0.498$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.61):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1.00$$

$$\frac{\frac{49.8}{0.770 \cdot 1306}}{1.10} + 0.829 \frac{\frac{29.2}{1.00 \cdot 63.9}}{1.10} + 0.247 \frac{\frac{5.9}{47.9}}{1.10} \leq 1.00$$

$$0.50 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.62):

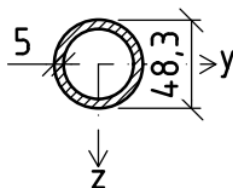
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1.00$$

$$\frac{\frac{49.8}{0.897 \cdot 1306}}{1.10} + 0.498 \frac{\frac{29.2}{1.00 \cdot 63.9}}{1.10} + 0.411 \frac{\frac{5.9}{47.9}}{1.10} \leq 1.00$$

$$0.35 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.7 Podmostvkové ztužidlo v tlaku

7.7.1 Posuzovaný průřez – TR Ø48.3x5



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka stěny	t	5.0	mm
Průměr	d	48.3	mm
Plocha průřezu	A	680	mm ²
Moment setrvačnosti	I	1.620E+05	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W _{el}	6690	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	9420	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f _y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ _{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 93):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N _{Ed}	-30.1	kN
Ohybový moment	M _{y,Ed}	0.00	kNm
Ohybový moment	M _{z,Ed}	0.00	kNm
Kroutící moment	T _{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	V _{y,Ed}	0.00	kN
Posouvající síla	V _{z,Ed}	0.04	kN

7.7.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2

Součinitel materiálu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.7.2.1 Celý průřez

Poměr d/t:

$$\frac{d}{t} = \frac{48.3}{5.0} = 9.66$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(d/t)_1 = 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0.814^2 = 33.10 > 9.66 \quad \dots \text{průřez je třídy 1}$$

$$(d/t)_2 = 70\varepsilon^2 = 70 \cdot 0.814^2 = 46.34$$

$$(d/t)_3 = 90\varepsilon^2 = 90 \cdot 0.814^2 = 59.58$$

7.7.3 Posouzení vzpěrné únosnosti dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (systémová délka):

$$L_{cr} = 2875 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1.620 \cdot 10^5}{2875^2} = 40.6 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{680 \cdot 355}{40.6 \cdot 10^3}} = 2.438$$

Pomocný součinitel:

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5[1 + 0.21(2.438 - 0.2) + 2.438^2] = 3.706$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{3.706 + \sqrt{3.706^2 - 2.438^2}} = 0.154$$

Vzpěrná únosnost:

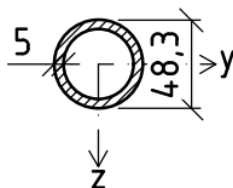
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.154 \cdot 680 \cdot 355}{1.10} = 33.8 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{30.1}{33.8} = 0.89 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.8 Podmostkové ztužidlo v tahu

7.8.1 Posuzovaný průřez – TR Ø48.3x5



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Plocha průřezu	A	680	mm ²

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 82):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	76.6	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.00	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.00	kN

7.8.2 Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

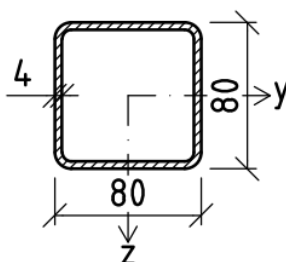
$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{680 \cdot 355}{1.00} = 216 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{76.6}{216} = 0.35 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.9 Diagonály ztužení horního pásu v tlaku

7.9.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	4.0	mm
Tloušťka stojin	t_w	4.0	mm
Výška pásnic	c_f	68.0	mm
Výška stojin	c_w	68.0	mm
Plocha průřezu	A	1200	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	1.140E+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	1.140E+06	mm ⁴
Elastický průřezový modul	$W_{y,el}$	28600	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{z,el}$	28600	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{y,pl}$	34000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{z,pl}$	34000	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 49):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-13.15	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Krouticí moment	T_{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.00	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.00	kN

7.9.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.9.2.1 Pásnice**Poměr c_f/t_f :**

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{68.0}{4.0} = 17.00$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = 33 \varepsilon = 33 \cdot 0.814 = 26.85 > 17.00 \quad \dots \text{pásnice je třídy 1}$$

$$(c_f/t_f)_2 = 38 \varepsilon = 38 \cdot 0.814 = 30.92$$

$$(c_f/t_f)_3 = 42 \varepsilon = 42 \cdot 0.814 = 34.17$$

7.9.2.2 Stojina**Poměr c_w/t_w :**

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{68.0}{4.0} = 17.00$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = 33 \varepsilon = 33 \cdot 0.814 = 26.85 > 17.00 \quad \dots \text{stojina je třídy 1}$$

$$(c_w/t_w)_2 = 38 \varepsilon = 38 \cdot 0.814 = 30.92$$

$$(c_w/t_w)_3 = 42 \varepsilon = 42 \cdot 0.814 = 34.17$$

7.9.2.3 Celý průřez

Pásnice je třídy 1 a stojina je třídy 1, celý průřez je tedy třídy 1.

7.9.3 Posouzení vzpěrné únosnosti okolo osy z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (systémová délka nejdelšího prutu ztužení):

$$L_{cr,z} = 5880 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1.140 \cdot 10^6}{5880^2} = 69.7 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 355}{69.7 \cdot 10^3}} = 2.473$$

Pomocný součinitel:

$$\phi_z = 0.5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0.5[1 + 0.21(2.473 - 0.2) + 2.473^2] = 3.796$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3.796 + \sqrt{3.796^2 - 2.473^2}} = 0.150$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.150 \cdot 1200 \cdot 355}{1.10} = 58.1 \text{ kN}$$

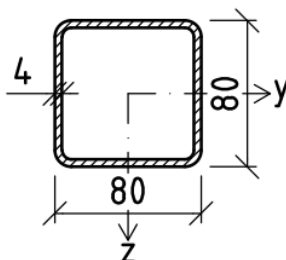
Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{13.2}{58.1} = 0.23 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Pozn.: Průřez je málo využitý, ale je vybrán z toho důvodu, aby bylo možné splnit kritéria uvedená v EC3-1-8 T.7.8 (omezení rozměrů průřezu) a následné použít sekci 7 tohoto eurokódu pro ověření únosnosti přípojí.

7.10 Diagonály ztužení horního pásu v tahu

7.10.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Plocha průřezu	A	1200	mm ²

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 56):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	23.99	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Krouticí moment	T_{Ed}	0.00	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.00	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.00	kN

7.10.2 Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

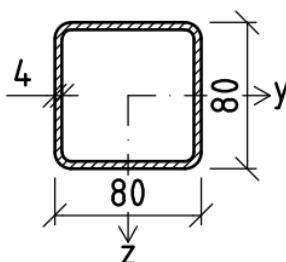
$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1200 \cdot 355}{1.00} = 369 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{24.0}{426} = 0.06 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.11 Výplňové příčle a krajní vzpěry ztužení a horního pásu

7.11.1 Posuzovaný průřez – TR4HR 80x4



Průřezové charakteristiky souhrnné:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Tloušťka pásnic	t_f	4.0	mm
Tloušťka stojin	t_w	4.0	mm
Výška pásnic	c_f	68.0	mm
Výška stojin	c_w	68.0	mm
Plocha průřezu	A	1200	mm ²
Smyková plocha	$A_{v,z}$	513	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	1.140E+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	1.140E+06	mm ⁴
Elastický průřezový modul	$W_{y,el}$	28600	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{z,el}$	28600	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{y,pl}$	34000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{z,pl}$	34000	mm ³
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP	a	
Součinitel imperfekce	α	0.21	

Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	355	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	

Vnitřní síly v rozhodujícím řezu (z kombinace zatížení 45):

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-9.73	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-4.06	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-1.14	kNm
Kroutící moment	T_{Ed}	0.0	kNm
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.65	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-2.41	kN

7.11.2 Zatřídění průřezu dle EC3-1-1 T.5.2**Součinitel materiálu:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.814$$

7.11.2.1 Pásnice**Napětí na pravém okraji dolní pásnice (bod A):**

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{9.73 \cdot 10^3}{1200} = 8.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{4.06 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 40 = 142.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,M_z,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{1.14 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 34 = 34 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,M_y,Ed} + \sigma_{f,A,M_z,Ed} = 8.1 + 142.5 + 34 = 184.6 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na levém okraji dolní pásnice (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{9.73 \cdot 10^3}{1200} = 8.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{4.06 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 40 = 142.5 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,M_z,Ed} = -\frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = -\frac{1.14 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 34 = -34 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,B,N,Ed} + \sigma_{f,B,M_y,Ed} + \sigma_{f,B,M_z,Ed} = 8.1 + 142.5 - 34 = 116.6 \text{ MPa (tlak)}$$

Poměr c_f/t_f :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{68}{4} = 17.00$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = 1 \text{ (celý průřez je tlačný)}$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{184.6} \cdot 116.6 = 224.2 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_f = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{224.2}{355} = 0.632$$

Maximální poměr c_f/t_f pro jednotlivé třídy:

$$(c_f/t_f)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 26.85 > 17.00 \quad \dots \text{ pásnice je třídy 1}$$

$$(c_f/t_f)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 1 - 1} = 30.92$$

$$(c_f/t_f)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot 0.632} = 38.91$$

7.11.2.2 Stojina

Napětí na dolním okraji pravé stojiny (bod A):

$$\sigma_{f,A,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{9.73 \cdot 10^3}{1200} = 8.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,My,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = \frac{4.06 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 34 = 121.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{1.14 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 40 = 40 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,A,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 8.1 + 121.1 + 40 = 169.2 \text{ MPa (tlak)}$$

Napětí na horním okraji pravé stojiny (bod B):

$$\sigma_{f,B,N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{9.73 \cdot 10^3}{1200} = 8.1 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,My,Ed} = -\frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot e_z = -\frac{4.06 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 34 = -121.1 \text{ MPa (tah)}$$

$$\sigma_{f,B,Mz,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot e_y = \frac{1.14 \cdot 10^6}{1.140 \cdot 10^6} \cdot 40 = 40 \text{ MPa (tlak)}$$

$$\sigma_{f,B,Ed} = \sigma_{f,A,N,Ed} + \sigma_{f,A,My,Ed} + \sigma_{f,A,Mz,Ed} = 8.1 - 121.1 + 40 = -73 \text{ MPa (tah)}$$

Poměr c_w/t_w :

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{68}{4} = 17.00$$

Podíl tlaku:

$$\alpha = \frac{\sigma_{f,A,Ed}}{\sigma_{f,A,Ed} + |\sigma_{f,B,Ed}|} = \frac{169.2}{169.2 + |-73|} = 0.699$$

Napětí vztažené k mezi kluzu:

$$\sigma_{fy,A} = f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fy,B} = \frac{f_y}{\sigma_{f,A,Ed}} \cdot \sigma_{f,B,Ed} = \frac{355}{169.2} \cdot (-73) = -153.2 \text{ MPa}$$

Poměr napětí:

$$\psi_w = \frac{\sigma_{fy,B}}{\sigma_{fy,A}} = \frac{-153.2}{355} = -0.432$$

Maximální poměr c_w/t_w pro jednotlivé třídy:

$$(c_w/t_w)_1 = \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0.814}{13 \cdot 0.699-1} = 39.86 > 17.00 \quad \dots \text{ stojina je třídy 1}$$

$$(c_w/t_w)_2 = \frac{456\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{456 \cdot 0.814}{13 \cdot 0.699-1} = 45.90$$

$$(c_w/t_w)_3 = \frac{42\varepsilon}{0.67+0.33\psi} = \frac{42 \cdot 0.814}{0.67+0.33 \cdot (-0.432)} = 64.82$$

7.11.2.3 Celý průřez

Pásnice i stojina jsou třídy 1, tudíž celý průřez je třídy 1.

7.11.3 Posouzení smykové únosnosti ve směru z dle EC3-1-1 6.2.6

Ověření boulení stěn dle EC3-1-5 5.1(2):

$$\frac{h_w}{t} = 17.00 \leq \frac{72}{\eta} \varepsilon = \frac{72}{1.2} 0.814 = 48.84 \quad \dots \text{ stěny neboulí}$$

Plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{513 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.00} = 105 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.6:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{2.41}{105} = 0.02 \leq 0.50 \quad \dots \text{ vyhovuje a není třeba redukovat momentovou únosnost}$$

7.11.4 Posouzení vzpěrné únosnosti kolem os y-y a z-z dle EC3-1-1 6.3.1.1

Vzpěrná délka (získána stabilitní analýzou):

$$L_{cr} = 3500 \text{ mm}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 1.140 \cdot 10^6}{3500^2} = 193 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 355}{193 \cdot 10^3}} = 1.486$$

Pomocný součinitel:

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5[1 + 0.21(1.486 - 0.2) + 1.486^2] = 1.739$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1.739 + \sqrt{1.739^2 - 1.486^2}} = 0.378$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.378 \cdot 1200 \cdot 355}{1.10} = 146 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.3.1.1:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{9.7}{146} = 0.07 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.11.5 Posouzení ohybu a osového tlaku dle EC3-1-1 6.3.3**Charakteristická hodnota osově únosnosti v tlaku:**

$$N_{Rk} = A f_y = 1200 \cdot 355 = 426 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v ohybu kolem os y-y a z-z:

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y = 34000 \cdot 355 = 12.1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 34000 \cdot 355 = 12.1 \text{ kNm}$$

Poměrné štíhlosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\bar{\lambda}_y = 1.486 \quad \dots \text{viz 7.11.3}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1.486 \quad \dots \text{viz 7.11.3}$$

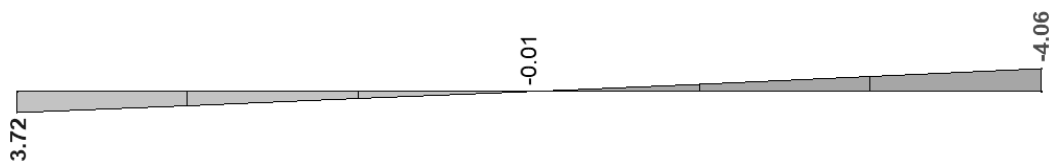
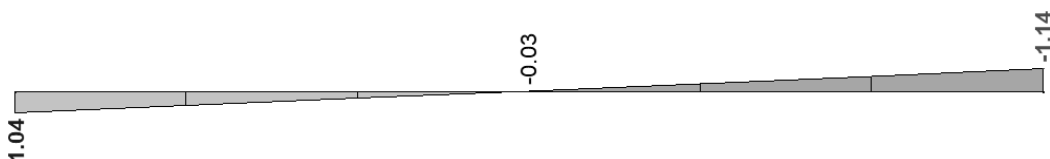
Součinitelé vzpěrnosti pro vzpěr kolem os y-y a z-z:

$$\chi_y = 0.378 \quad \dots \text{viz 7.11.3}$$

$$\chi_z = 0.378 \quad \dots \text{viz 7.11.3}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1.000 \quad \dots \text{uzavřený profil je tuhý v kroucení}$$

Průběh $M_{y,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:**Průběh $M_{z,Ed}$ mezi příslušnými body podepření:**

Součinitelé momentu dle EC3-1-1 T.B.3:

$$M_y = -4.06 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \frac{3.72}{-4.06} = -0.916$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4\psi_y = 0.6 + 0.4 \cdot (-0.916) = 0.233 < 0.4 \quad \rightarrow C_{my} = 0.400$$

$$M_z = -1.14 \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \frac{1.04}{-1.14} = -0.912$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4\psi_z = 0.6 + 0.4 \cdot (-0.912) = 0.235 < 0.4 \quad \rightarrow C_{mz} = 0.400$$

Interakční součinitelé k_{yy} , k_{zz} , k_{yz} a k_{zy} dle EC3-1-1 T.B.1:

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.400 \left(1 + 0.8 \frac{9.7}{0.378 \cdot 1200 / 1.10} \right) = 0.408$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0.400 \left(1 + 0.8 \frac{9.7}{0.378 \cdot 1200 / 1.10} \right) = 0.408$$

$$k_{yz} = 0.6k_{zz} = 0.6 \cdot 0.408 = 0.245$$

$$k_{zy} = 0.6k_{yy} = 0.6 \cdot 0.408 = 0.245$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.61):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{9.73}{\frac{0.464 \cdot 426}{1.10}} + 0.408 \frac{4.06}{\frac{1.00 \cdot 12.1}{1.10}} + 0.245 \frac{1.14}{\frac{12.1}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.25 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení dle EC3-1-1 (6.62):

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

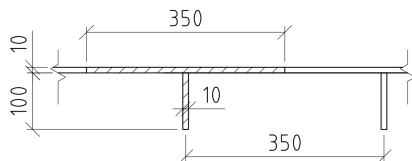
$$\frac{9.73}{\frac{0.464 \cdot 426}{1.10}} + 0.245 \frac{4.06}{\frac{1.00 \cdot 12.1}{1.10}} + 0.408 \frac{1.14}{\frac{12.1}{1.10}} \leq 1.00$$

$$0.20 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Pozn.: Průřez je málo využitý, ale je vybrán z toho důvodu, aby bylo možné splnit kritéria uvedená v EC3-1-8 T.7.8 (omezení rozměrů průřezu) a následné použít sekci 7 tohoto eurokódu pro ověření únosnosti přípojí.

7.12 Výztuha mostovkového plechu

7.12.1 Posuzovaný průřez



Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	235	MPa
Mez pevnosti	f_u	360	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M1}	1.10	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

7.12.2 Zatížení

Stálé zatížení:

typ zatížení	hodnota	jednotka
Izolace TARCO tl. 10 mm	0.04	kN/m
Plech mostovky tl. 10 mm	0.27	kN/m
Výztuha 100x10 mm	0.08	kN/m
$g_k =$	0.40	kN/m

Proměnná zatížení:

typ zatížení	hodnota	jednotka
Dav chodců $q_{f,k} =$	1.75	kN/m
Vítr $w_k =$	0.13	kN/m

Návrhová hodnota zatížení dle EC0 (6.10a) a (6.10b):

typ zatížení	γ_i	ξ_i	$\psi_{0,i}$
Stálé	1.35	0.85	-
Dav chodců	1.35	-	0.40
Vítr	1.50	-	0.30
$f_d =$	2.88		kN/m

7.12.3 Zatřídění průřezu

Součinitel materiálu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1.000$$

7.12.3.1 Výztuha

Poměr c/t :

$$\frac{c}{t} = \frac{100}{10} = 10$$

Maximální poměr c/t pro jednotlivé třídy:

$$(c/t)_1 = 9\varepsilon = 9.00$$

$$(c/t)_2 = 10\varepsilon = 10.00 \geq 10 \quad \dots \text{výztuha vyhovuje třídě 2 v prostém tlaku}$$

$$(c/t)_3 = 14\varepsilon = 14.00$$

7.12.3.2 Část plechu mezi výztuhami

Poměr c/t :

$$\frac{c}{t} = \frac{340}{10} = 34$$

Maximální poměr c/t pro jednotlivé třídy:

$$(c/t)_1 = 33\varepsilon = 33.00$$

$$(c/t)_2 = 38\varepsilon = 38.00 \geq 34 \quad \dots \text{část plechu vyhovuje třídě 2 v prostém tlaku}$$

$$(c/t)_3 = 42\varepsilon = 42.00$$

7.12.4 Smykové ochabnutí plechu mezi výztuhami dle EC3-1-5 3.2

Souhrnné parametry:

$$b_0 = 0.340/2 = 0.170 \text{ m}$$

$$L_1 = L_2 = 2.5 \text{ m}$$

Krajní podpora:

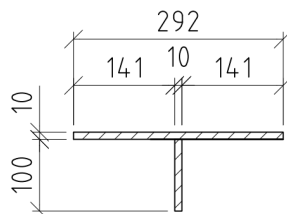
$$L_e = 0.85L_1 = 0.85 \cdot 2.5 = 2.125 \text{ m}$$

$$L_e/50 = 2.125/50 = 0.043 \text{ m} < b_0 = 0.170 \text{ m} \quad \text{Smykové ochabnutí nelze zanedbat!}$$

$$\kappa = b_0/L_e = 0.170/2.125 = 0.080$$

$$\beta = \max\left(0.55 + \frac{0.025}{\kappa}; \frac{1}{1+6.4\kappa^2}\right) = \max\left(0.55 + \frac{0.025}{0.080}; \frac{1}{1+6.4 \cdot 0.080^2}\right) = 0.829$$

$$b_{eff} = \beta b_0 = 0.829 \cdot 0.170 = 0.141 \text{ m}$$

Krajní pole:

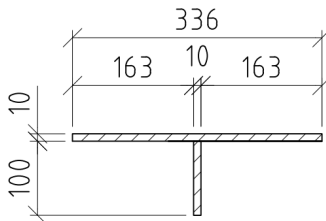
$$L_e = 0.85L_1 = 0.85 \cdot 2.5 = 2.125 \text{ m}$$

$$L_e/50 = 2.125/50 = 0.043 \text{ m} < b_0 = 0.170 \text{ m} \quad \text{Smykové ochabnutí nelze zanedbat!}$$

$$\kappa = b_0/L_e = 0.170/2.125 = 0.080$$

$$\beta = \frac{1}{1+6.4\kappa^2} = \frac{1}{1+6.4 \cdot 0.080^2} = 0.961$$

$$b_{eff} = \beta b_0 = 0.961 \cdot 0.170 = 0.163 \text{ m}$$

Vnitřní podpora:

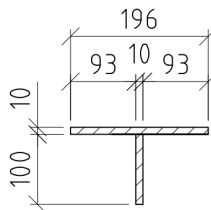
$$L_e = 0.25(L_1 + L_2) = 0.25(2.5 + 2.5) = 1.250 \text{ m}$$

$$L_e/50 = 1.250/50 = 0.025 \text{ m} < b_0 = 0.170 \text{ m} \quad \text{Smykové ochabnutí nelze zanedbat!}$$

$$\kappa = b_0/L_e = 0.170/1.250 = 0.136$$

$$\beta = \frac{1}{1+6.0\left(\kappa - \frac{1}{2500\kappa}\right) + 1.6\kappa^2} = \frac{1}{1+6.0\left(0.136 - \frac{1}{2500 \cdot 0.136}\right) + 1.6 \cdot 0.136^2} = 0.547$$

$$b_{eff} = \beta b_0 = 0.547 \cdot 0.170 = 0.093 \text{ m}$$



Vnitřní pole:

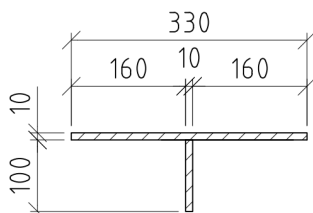
$$L_e = 0.70L_1 = 0.70 \cdot 2.5 = 1.750 \text{ m}$$

$$L_e/50 = 1.750/50 = 0.035 \text{ m} < b_0 = 0.170 \text{ m} \quad \text{Smykové ochabnutí nelze zanedbat!}$$

$$\kappa = b_0/L_e = 0.170/1.750 = 0.097$$

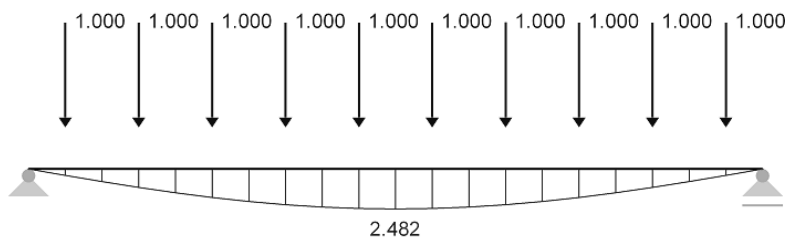
$$\beta = \frac{1}{1+6.4\kappa^2} = \frac{1}{1+6.4 \cdot 0.097^2} = 0.943$$

$$b_{eff} = \beta b_0 = 0.943 \cdot 0.170 = 0.160 \text{ m}$$



7.12.5 Určení tuhosti podpor podélné výztuhy

Průhyb od jednotkových zatížení (1 kN) umístěných na příčnicích v místech křížení s výztuhami:

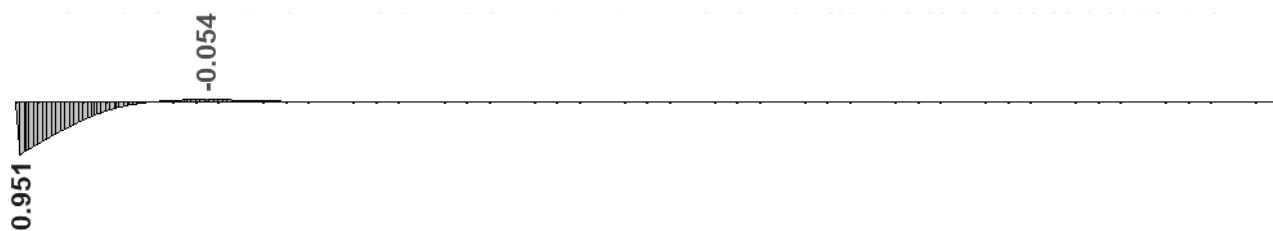
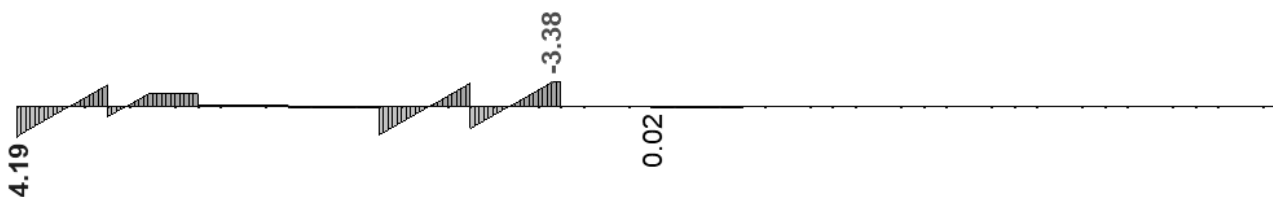
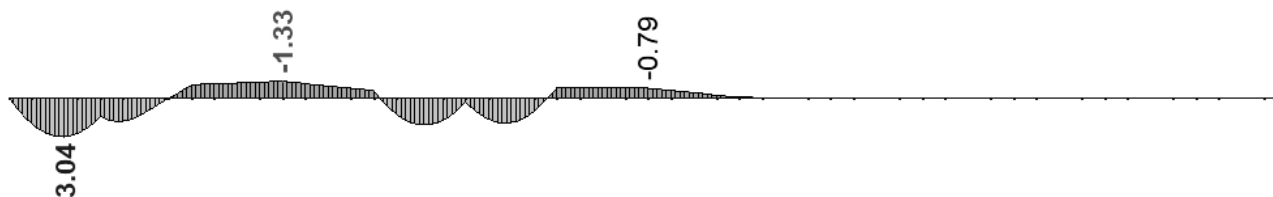


$$\sum \delta = 2.482 \text{ mm}$$

Tuhost poddajných podpor podélné výztuhy (pérová konstanta):

$$k = \frac{1000}{\sum \delta} = \frac{1000}{2.482 \cdot 10^{-3}} = 402.90 \text{ kN/m}$$

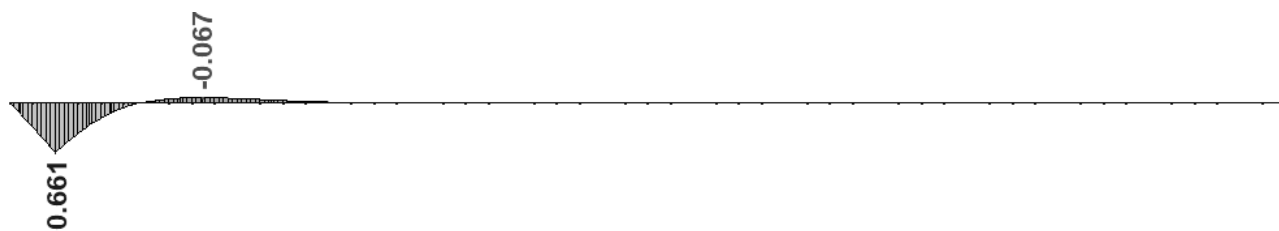
7.12.6 Určení vnitřních sil v jednotlivých řezech podélné výztuhy

Krajní podpora:**Příčinková čára pro max V_{Ed} :****Průběh vnitřních sil:** $V_{z,Ed}$  $M_{y,Ed}$ **Návrhové vnitřní síly:**

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	4.19	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.00	kNm

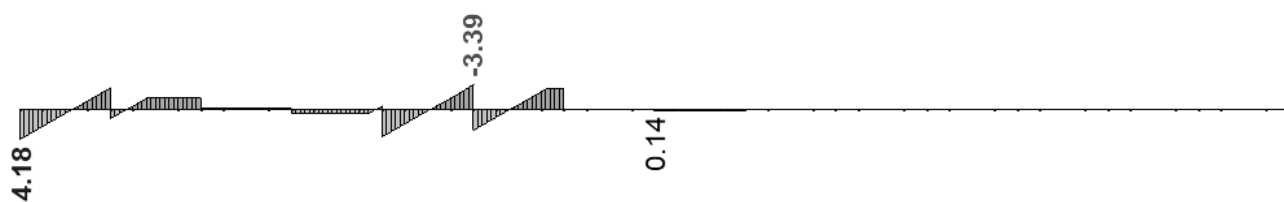
Krajní pole:

Příčinková čára pro max M_{Ed} :

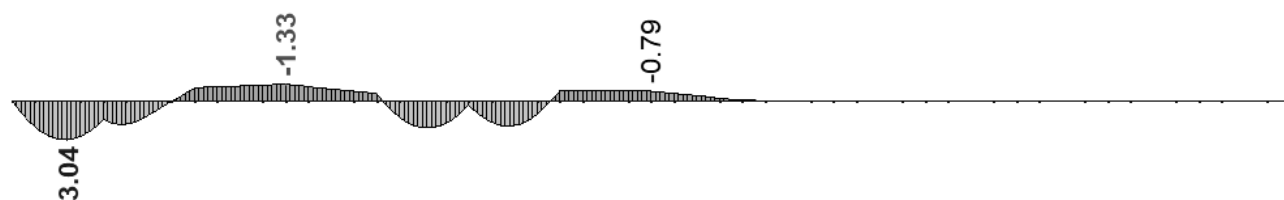


Průběh vnitřních sil:

$V_{z,Ed}$



$M_{y,Ed}$

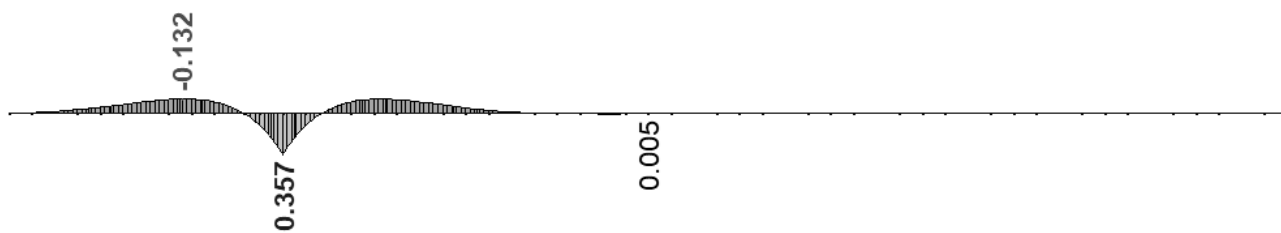


Návrhové vnitřní síly:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.24	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	3.04	kNm

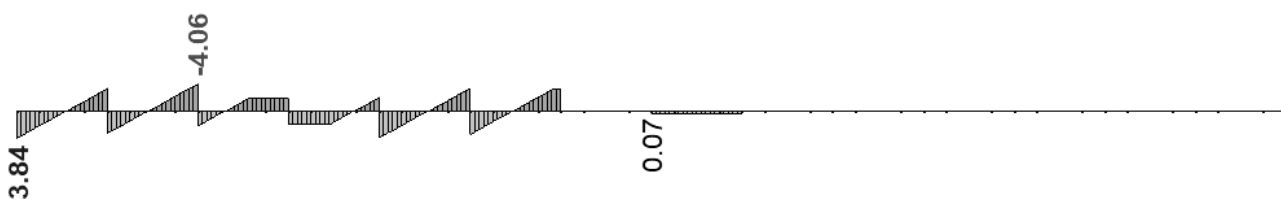
Vnitřní podpora:

Příčinková čára pro max M_{Ed} :

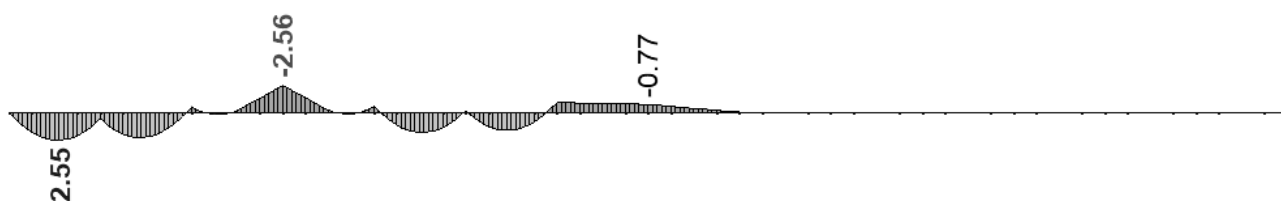


Průběh vnitřních sil:

$V_{z,Ed}$



$M_{y,Ed}$

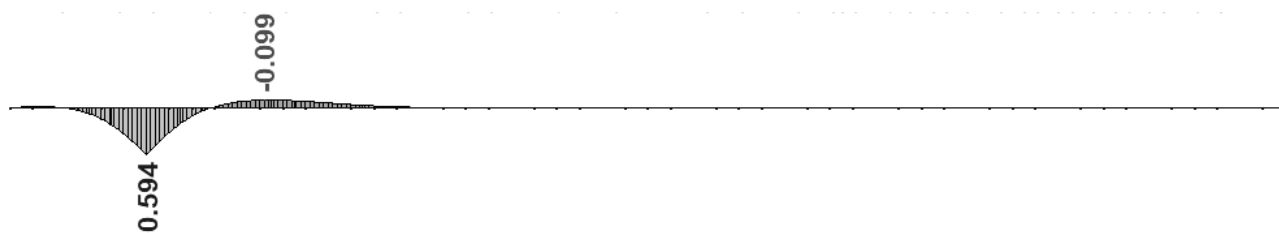


Návrhové vnitřní síly:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-1.89	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-2.56	kNm

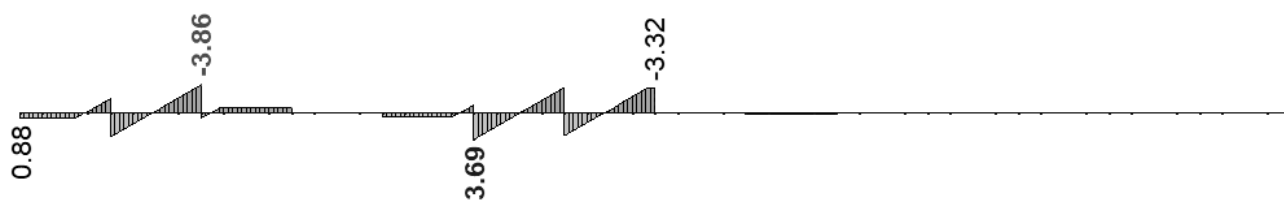
Vnitřní pole:

Příčinková čára pro max M_{Ed} :

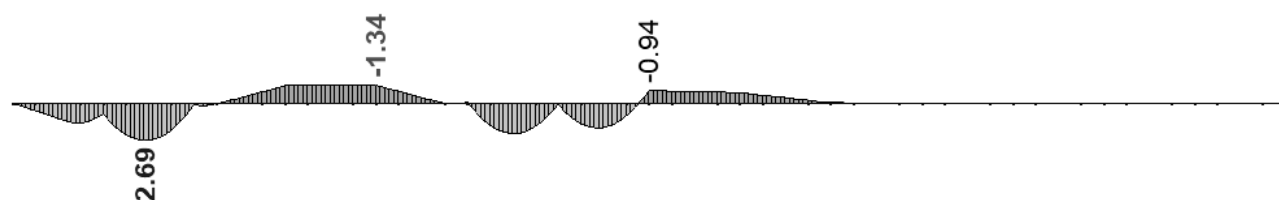


Průběh vnitřních sil:

$V_{z,Ed}$



$M_{y,Ed}$



Návrhové vnitřní síly:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.10	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	2.69	kNm

7.12.6 Posouzení podélné výztuhy

Krajní podpora:**Průřezové charakteristiky výztuhy:**

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Smyková plocha	$A_{v,z}$	1000	mm ²

Ověření boulení stěn dle EC3-1-5 5.1(2):

$$\frac{h_w}{t} = 10.00 \leq \frac{72}{\eta} \varepsilon = \frac{72}{1.2} 1.000 = 60.00 \dots \text{výztuha neboulí smykem}$$

Plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1000 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1.00} = 136 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.6:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{4.19}{136} = 0.03 \leq 1.00 \dots \text{vyhovuje}$$

Krajní pole:**Průřezové charakteristiky výztuhy:**

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	62656	mm ²

Plastická momentová únosnost:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{62656 \cdot 235}{1.00} = 14.72 \text{ kNm}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.5:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{3.04}{14.72} = 0.21 \leq 1.00 \dots \text{vyhovuje}$$

Vnitřní podpora:**Průřezové charakteristiky výztuhy:**

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Smyková plocha	$A_{v,z}$	1000	mm ²
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	58625	mm ²

Plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1000 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1.00} = 136 \text{ kN}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.6:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{1.89}{136} = 0.01 \leq 0.50 \quad \dots \text{vyhovuje a není třeba redukovat momentovou únosnost}$$

Plastická momentová únosnost:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{58625 \cdot 235}{1.00} = 13.78 \text{ kNm}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.5:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{2.56}{13.78} = 0.19 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Vnitřní pole:**Průřezové charakteristiky výztuhy:**

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	62492	mm ²

Plastická momentová únosnost:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{62492 \cdot 235}{1.00} = 14.69 \text{ kNm}$$

Posouzení dle EC3-1-1 6.2.5:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{2.69}{14.69} = 0.18 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

7.12.7 Návrh krčního svaru podélné výztuhy**Materiálové charakteristiky svaru:**

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	360	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.80	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

Účinná výška:

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky pro výpočet napětí ve svaru:

$$I_y = 3.111 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{e_z} = \frac{3.111 \cdot 10^6}{9} = 345664 \text{ mm}^3$$

Normálové napětí působící na styku výztuhy s plechem mostovky:

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{4.19 \cdot 10^6}{345664} = 12.12 \text{ MPa} \quad \dots \text{od nejméně příznivého zatížení}$$

Síla působící na 1 mm výšky:

$$F_{1,Ed} = \sigma_{Ed} \cdot 1 \text{ mm} \cdot t_{st} = 12.12 \cdot 1 \cdot 10 = 121.2 \text{ N}$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{121.2}{2 \cdot 3.5} = 17.32 \text{ MPa}$$

Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3(0^2 + 17.32^2)]^{0.5} \leq 360 / (0.80 \cdot 1.25)$$

$$29.99 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

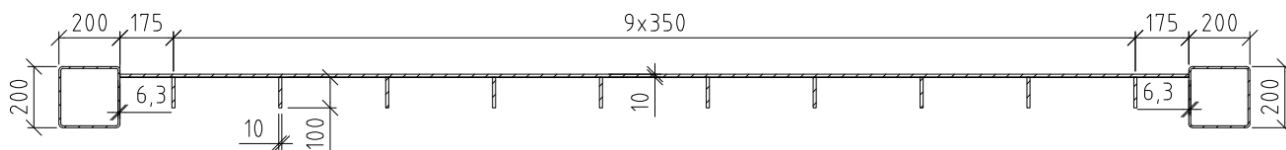
$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$0 \leq 0.9 \cdot 360 / 1.25$$

$$0 \text{ MPa} \leq 259.20 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

7.13 Celá mostovka

7.13.1 Posuzovaný průřez



Materiálové charakteristiky:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f_y	235	MPa
Mez pevnosti	f_u	360	MPa
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

7.13.2 Zatížení

Stálé zatížení:

typ zatížení	hodnota	jednotka
Izolace TARCO tl. 10 mm	0.42	kN/m
Vlastní tíha konstrukce	2.71	kN/m
Plech mostovky včetně výztuh	3.53	kN/m
Zábradlí	1.00	kN/m
$g_k =$	7.66	kN/m

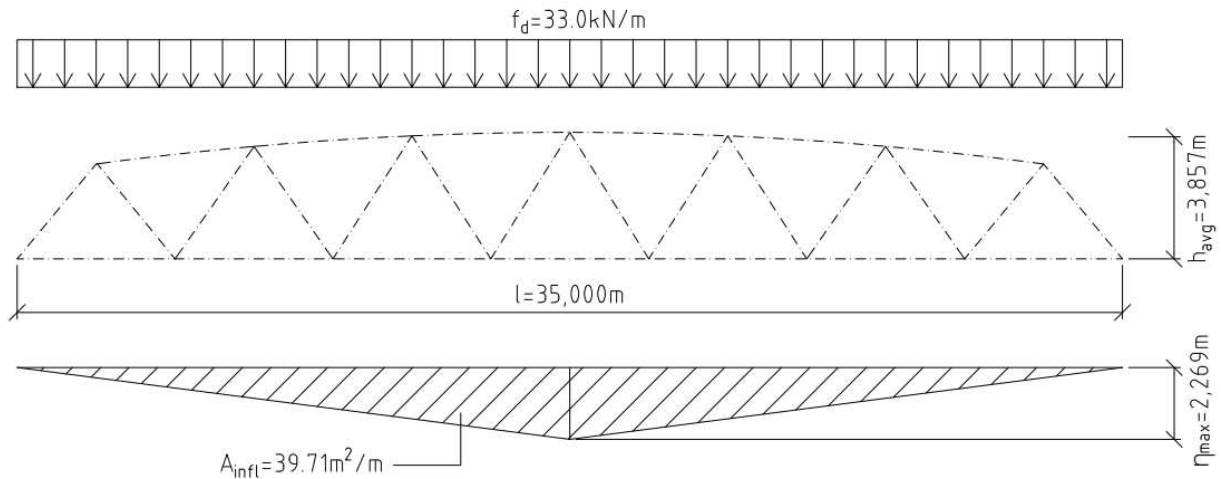
Proměnná zatížení:

typ zatížení	hodnota	jednotka
Dav chodců $q_{f,k} =$	17.50	kN/m
Vítr $w_k =$	1.33	kN/m

Návrhová hodnota zatížení dle EC0 (6.10a) a (6.10b):

typ zatížení	γ_i	ξ_i	$\psi_{0,i}$
Stálé	1.35	0.85	-
Dav chodců	1.35	-	0.40
Vítr	1.50	-	0.30
$f_d =$	33.01		kN/m

7.13.3 Určení vnitřních sil pomocí příčinkové čáry



Maximální pořadnice příčinkové čáry:

$$\eta_{max} = \frac{1}{4} \frac{l}{h_{avg}} = \frac{1}{4} \frac{35}{3.857} = 2.269 \text{ m}$$

Plocha obrazce příčinkové čáry:

$$A_{infl} = 39.71 \text{ m}^2$$

Maximální normálová síla v pásech:

$$N_{Ed} = A_{infl} f_d = 39.71 \cdot 33.0 = 1310 \text{ kN}$$

7.13.4 Redukce průřezu mostovkového plechu vlivem boulení a smyk. ochabnutí dle EC3-1-5 4.5

Účinná průřezová plocha bez vlivu smykového ochabnutí:

$$A_{sl,eff} = 10 \cdot 100 \cdot 10 = 10000 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{výztuhy neboulí tlakem}$$

$$\sum_c \rho_{loc} b_{c,loc} t = 1.00 \cdot 3330 \cdot 10 = 33300 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plech mezi výztuhami neboulí tlakem}$$

$$A_{c,eff,loc} = A_{sl,eff} + \sum_c \rho_{loc} b_{c,loc} t = 10000 + 33300 = 43300 \text{ mm}^2$$

$$\sum b_{edge,eff} t = 170 \cdot 10 = 1700 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plech při okrajových výztuhách neboulí tlakem}$$

$$A_{c,eff} = \rho_c A_{c,eff,loc} + \sum b_{edge,eff} t = 43300 + 1700 = 45000 \text{ mm}^2$$

Účinná průřezová plocha s vlivem smykového ochabnutí:

$$b_0 = 3500 \text{ mm}$$

$$L_e = 35 \text{ m}$$

$$L_e/50 = 35/50 = 0.700 \text{ m} < b_0 = 3.500 \text{ m} \quad \text{Smykové ochabnutí nelze zanedbat!}$$

$$A_{sl} = 10 \cdot 100 \cdot 10 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b_0 t}} = \sqrt{1 + \frac{10000}{3500 \cdot 10}} = 1.134$$

$$\kappa = \alpha_0 b_0 / L_e = 1.134 \cdot 3500 / 35000 = 0.113$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 6.4 \kappa^2} = \frac{1}{1 + 6.4 \cdot 0.113^2} = 0.924$$

$$A_{c,eff}^* = \beta^\kappa A_{c,eff} = 0.924^{0.113} \cdot 45000 = 44600 \text{ mm}^2$$

7.13.5 Posouzení na tah dle EC3-1-1 6.2.3**Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:**

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A_{c,eff}^* f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{44600 \cdot 235}{1.00} = 10481 \text{ kN}$$

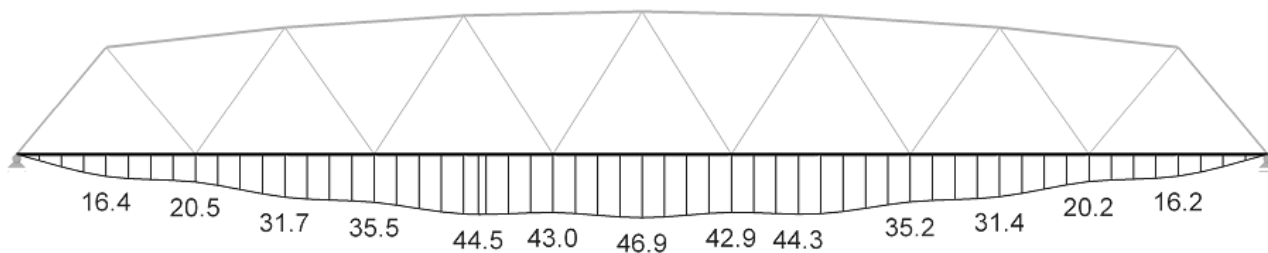
Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{1310}{10481} = 0.12 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8 Posouzení MSP

8.1 Dolní pás

8.1.1 Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23



Maximální průhyb (dle kombinace zatížení 166):

$$w_{max} = 46.9 \text{ mm}$$

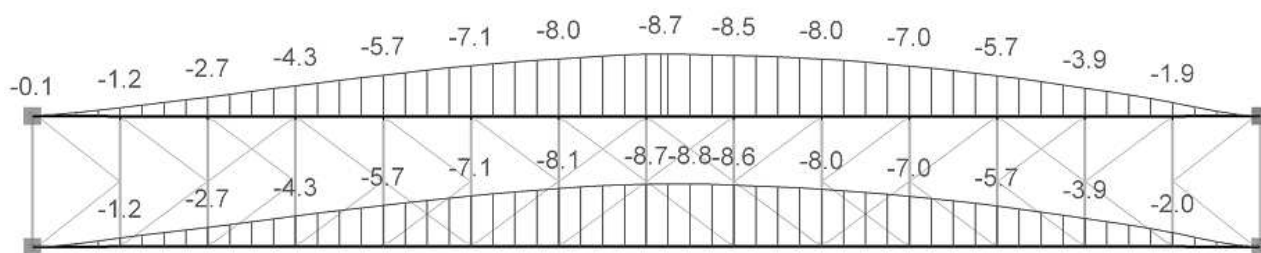
Limitní průhyb:

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{35000}{250} = 140 \text{ mm}$$

Posouzení dle EC3-2 NA.2.23:

$$\frac{w_{max}}{w_{lim}} = \frac{46.9}{140} = 0.34 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8.1.2 Posouzení vodorovného průhybu dle EC3-2 NA.2.23



Maximální průhyb (dle kombinace zatížení 163):

$$v_{max} = 8.8 \text{ mm}$$

Limitní průhyb:

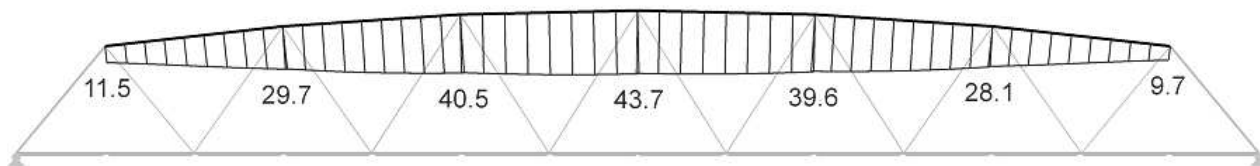
$$v_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{35000}{250} = 140 \text{ mm}$$

Posouzení dle EC3-2 NA.2.23:

$$\frac{v_{max}}{v_{lim}} = \frac{8.8}{140} = 0.06 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8.2 Horní pás

8.2.1 Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23



Maximální průhyb (dle kombinace zatížení 166):

$$w_{max} = 43.7 \text{ mm}$$

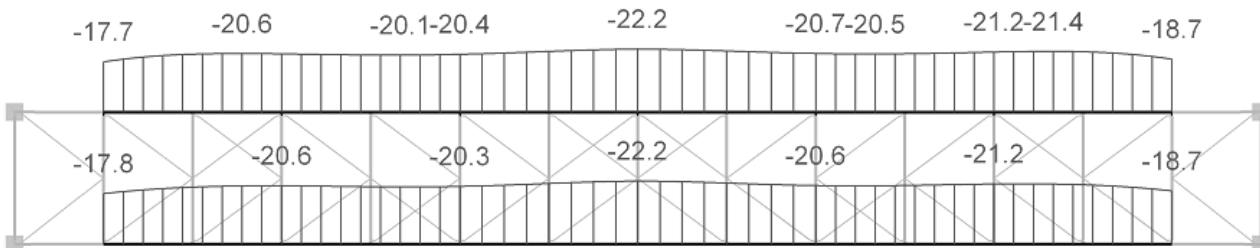
Limitní průhyb:

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{35000}{250} = 140 \text{ mm}$$

Posouzení dle EC3-2 NA.2.23:

$$\frac{w_{max}}{w_{lim}} = \frac{43.7}{140} = 0.31 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8.2.2 Posouzení vodorovného průhybu dle EC3-2 NA.2.23



Maximální průhyb (dle kombinace zatížení 118):

$$v_{max} = 22.2 \text{ mm}$$

Limitní průhyb:

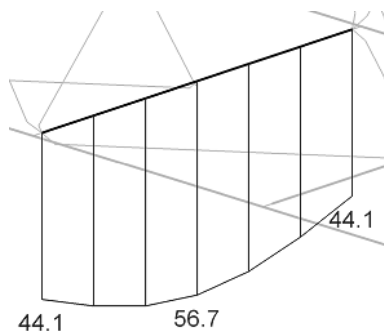
$$v_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{35000}{250} = 140 \text{ mm}$$

Posouzení dle EC3-2 NA.2.23:

$$\frac{v_{max}}{v_{lim}} = \frac{22.2}{140} = 0.16 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8.3 Příčnický

8.3.1 Posouzení svislého průhybu dle EC3-2 NA.2.23



Maximální průhyb (dle kombinace zatížení 166):

$$w_{max} = 56.7 - 44.1 = 12.6 \text{ mm}$$

Limitní průhyb:

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{3500}{250} = 14 \text{ mm}$$

Posouzení dle EC3-2 NA.2.23:

$$\frac{w_{max}}{w_{lim}} = \frac{12.6}{14} = 0.90 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

8.4 Vlastní frekvence

8.4.1 Posouzení vl. frek. vodorovného a kroutivého kmitání dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49

Vlastní frekvence vodorovného a kroutivého kmitání odpovídající vlastním tvarům:

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	2.813
2	3.723
3	7.767
4	8.592
5	9.294

Posouzení dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49:

Vlastní frekvence lávky odpovídající 1. vlastnímu tvaru má hodnotu 2.813 Hz. Tato hodnota nespadá do „nebezpečného intervalu“ 0 Hz až 2.5 Hz dle EC0 A2.4.3.2 ani 0.5 Hz až 2.5 Hz dle EC1-2 NA.2.49 a není tedy třeba provádět podrobnější dynamickou analýzu.

8.4.2 Posouzení vl. frek. svislého kmitání dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49

Vlastní frekvence svislého kmitání odpovídající vlastním tvarům:

Tvar č.	Vlastní frekvence f [Hz]
1	5.126
2	8.998
3	9.821
4	9.883
5	10.094

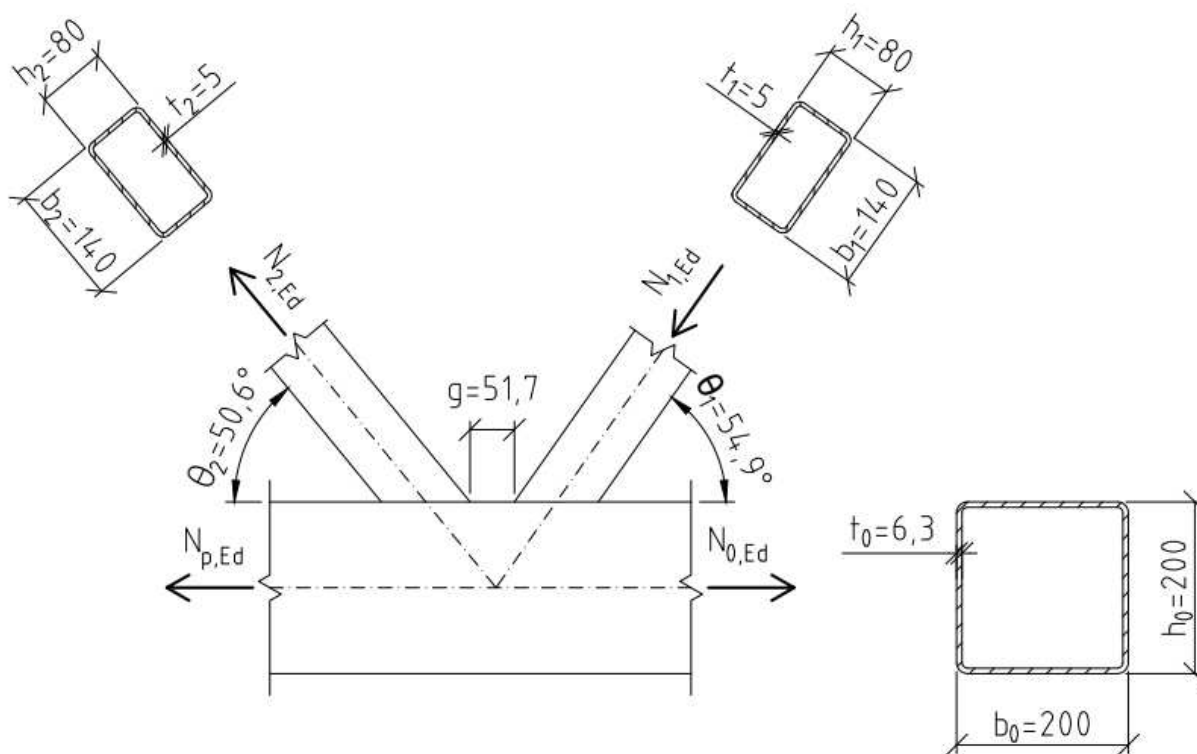
Posouzení dle EC0 A2.4.3.2 a EC1-2 NA.2.49:

Vlastní frekvence lávky odpovídající 1. vlastnímu tvaru má hodnotu 5.126 Hz. Tato hodnota nespadá do „nebezpečného intervalu“ 0 Hz až 5.0 Hz dle EC0 A2.4.3.2 ani 1.0 Hz až 5.0 Hz dle EC1-2 NA.2.49 a není tedy třeba provádět podrobnější dynamickou analýzu.

9 Vybrané přípoje

9.1 Přípoj běžných diagonál k pásovým prutům příhradových hlavních nosníků

9.1.1 Detail přípoje



9.1.2 Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):

Pásový prut 0:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{0,Ed}$	559.78	kN
Ohybový moment	$M_{0,y,Ed}$	-29.60	kNm
Ohybový moment	$M_{0,z,Ed}$	-1.59	kNm
Posouvající síla	V_{Ed}	24.92	kN
Max. normálové napětí	$\sigma_{0,Ed}$	-12.04 (tah)	MPa

Diagonála 1:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{1,Ed}$	-157.52	kN

Diagonála 2:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{2,Ed}$	292.16	kN

9.1.3 Průřezové charakteristiky

Pásový prut 0:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_0	200	mm
Výška	h_0	200	mm
Tloušťka stěn	t_0	6.3	mm
Plocha průřezu	A_0	4840	mm ²
Smyková plocha	A_v	2652	mm ²
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	301000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	301000	mm ³
Poměr	h_0/b_0	1.00	
Poměr	b_0/t_0	31.7	
Poměr	h_0/t_0	31.7	

Diagonála 1:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_1	140	mm
Výška	h_1	80	mm
Tloušťka stěn	t_1	5.0	mm
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_1	54.9	°
Sinus úhlu sevřeného s p. p.	$\sin(\theta_1)$	0.818	
Účinná šířka	$b_{eff,1}$	55.6	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,1}$	1.1	mm
Poměr	b_1/b_0	0.70	
Poměr	b_1/t_1	28.00	
Poměr	h_1/t_1	16.00	
Poměr	h_1/b_1	0.57	

Diagonála 2:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_2	140	mm
Výška	h_2	80	mm
Tloušťka stěn	t_2	5.0	mm
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_2	50.6	°
Sinus úhlu sevřeného s pás. prutem	$\sin(\theta_2)$	0.773	
Účinná šířka	$b_{eff,2}$	55.6	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,2}$	1.1	mm
Poměr	b_2/b_0	0.70	
Poměr	b_2/t_2	28.00	
Poměr	h_2/t_2	16.00	
Poměr	h_2/b_2	0.57	

9.1.4 Materiálové charakteristiky**Pásový prut 0:**

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,0}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1	
Plastická smyková únosnost	$V_{pl,Rd}$	543.60	kN
Třída průřezu	cl_{a0}	2	

Diagonála 1:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,1}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1	
Třída průřezu	cl_{a1}	1	

Diagonála 2:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,2}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1	
Třída průřezu	cl_{a2}	1	

9.1.5 Souhrnné parametry

parametr	označení	hodnota	jednotka
Mezera	g	51.7	mm
Poměr	g/b_0	0.259	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	α	0.105	
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.550	
Poměr dle EC3-1-8 7	γ	15.873	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	-0.034	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	k_n	1.000	

9.1.6 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8

Poměr b_i/b_0 :

$$b_1/b_0 = 0.700 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_1/b_0 = 0.700 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 31.7 = 0.420 \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.700 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.700 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 31.7 = 0.420 \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 28.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 16.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_1 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/t_2 = 28.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/t_2 = 16.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_2 \quad \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 0.57 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 0.57 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 0.57 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 0.57 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 31.75 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 31.75 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

Mezera g:

$$g/b_0 = 0.259 \geq 0.225 \dots \text{vyhovuje}$$

$$g = 51.7 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 5.0 + 5.0 = 10 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

9.1.7 Návrhové osově únosnosti K styčníku dle EC3-1-8 T.7.12**9.1.7.1 Porušení povrchu pásu****Diagonála 1:**

$$N_{1,Rd} = \frac{8.9k_N f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_1)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 6.3^2 \cdot \sqrt{15.873}}{0.818} 0.550 / 1.00 = 335.9 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{8.9k_N f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_2)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 6.3^2 \cdot \sqrt{15.873}}{0.773} 0.550 / 1.00 = 355.6 \text{ kN}$$

9.1.7.2 Porušení pásu smykem**Pásový prut 0:**

$$N_{0,Rd} = \left[(A_0 - A_V) f_{y,0} + A_V f_{y,0} \sqrt{1 - (V_{Ed} / V_{pl,Rd})^2} \right] / \gamma_{M5}$$

$$N_{0,Rd} = \left[(4840 - 2650) 355 + 4840 \cdot 355 \sqrt{1 - (24.92 / 543.09)^2} \right] / 1.00 = 1717.2 \text{ kN}$$

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,0} A_V}{\sqrt{3} \sin(\theta_1)} / \gamma_{M5} = \frac{355 \cdot 2650}{\sqrt{3} \cdot 0.818} / 1.00 = 663.8 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y,0} A_V}{\sqrt{3} \sin(\theta_2)} / \gamma_{M5} = \frac{355 \cdot 2650}{\sqrt{3} \cdot 0.773} / 1.00 = 703.5 \text{ kN}$$

9.1.7.1 Porušení mezipásového prutu**Diagonála 1:**

$$N_{1,Rd} = f_{y,1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff,1}) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 355 \cdot 5.0 (2 \cdot 80 - 4 \cdot 5.0 + 140 + 55.6) / 1.00 = 595.6 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = f_{y,2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff,2}) / \gamma_{M5}$$

$$N_{2,Rd} = 355 \cdot 5.0 (2 \cdot 80 - 4 \cdot 5.0 + 140 + 55.6) / 1.00 = 595.6 \text{ kN}$$

9.1.7.1 Prolomení smykem

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.550 \leq 1 - 1/\gamma = 1 - 1/15.873 = 0.937 \quad \dots \text{může nastat}$$

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,0} t_0}{\sqrt{3} \sin(\theta_1)} \left(\frac{2h_1}{\sin(\theta_1)} + b_1 + b_{e,p,1} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 6.3}{\sqrt{3} \cdot 0.818} \left(\frac{2 \cdot 80}{0.818} + 140 + 1.1 \right) / 1.00 = 531.4 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y,0} t_0}{\sqrt{3} \sin(\theta_2)} \left(\frac{2h_2}{\sin(\theta_2)} + b_2 + b_{e,p,2} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{355 \cdot 6.3}{\sqrt{3} \cdot 0.773} \left(\frac{2 \cdot 80}{0.773} + 140 + 1.1 \right) / 1.00 = 581.8 \text{ kN}$$

9.1.8 Posouzení dle EC3-1-8 7.5

Pásový prut 0:

$$\frac{N_{0,Ed}}{N_{0,Rd,min}} = \frac{559.8}{1717.2} = 0.33 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Diagonála 1:

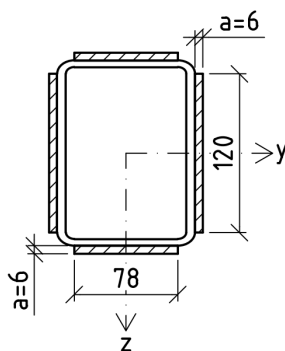
$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd,min}} = \frac{157.5}{335.9} = 0.47 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Diagonála 2:

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd,min}} = \frac{292.2}{355.6} = 0.82 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.1.9 Návrh svarů mezi běžnou diagonálou a pásovým prutem

9.1.9.1 Detail svarů



9.1.9.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	224.32	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	187.18	kN

9.1.9.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 6 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 78 = 156 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 156 = 937 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 240 = 1440 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 937 + 1440 = 2377 \text{ mm}^2$$

9.1.9.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.1.9.5 Normálová a tečná napětí ve svarech

Napětí ve stojinách:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{224.32 \cdot 10^3}{2377} / \sqrt{2} = 66.7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{224.32 \cdot 10^3}{2377} / \sqrt{2} = 66.7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Napětí v pásnicích:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{224.32 \cdot 10^3}{2377} / \sqrt{2} = 66.7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{224.32 \cdot 10^3}{2377} / \sqrt{2} = 66.7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} = \frac{187.18 \cdot 10^3}{937} = 199.7 \text{ MPa}$$

9.1.9.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

Posouzení stojin:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[66.7^2 + 3(66.7^2 + 0^2)]^{0.5} \leq 490/(0.90 \cdot 1.25)$$

$$133 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$67 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$67 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[66.7^2 + 3(66.7^2 + 199.7^2)]^{0.5} \leq 490/(0.90 \cdot 1.25)$$

$$371 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

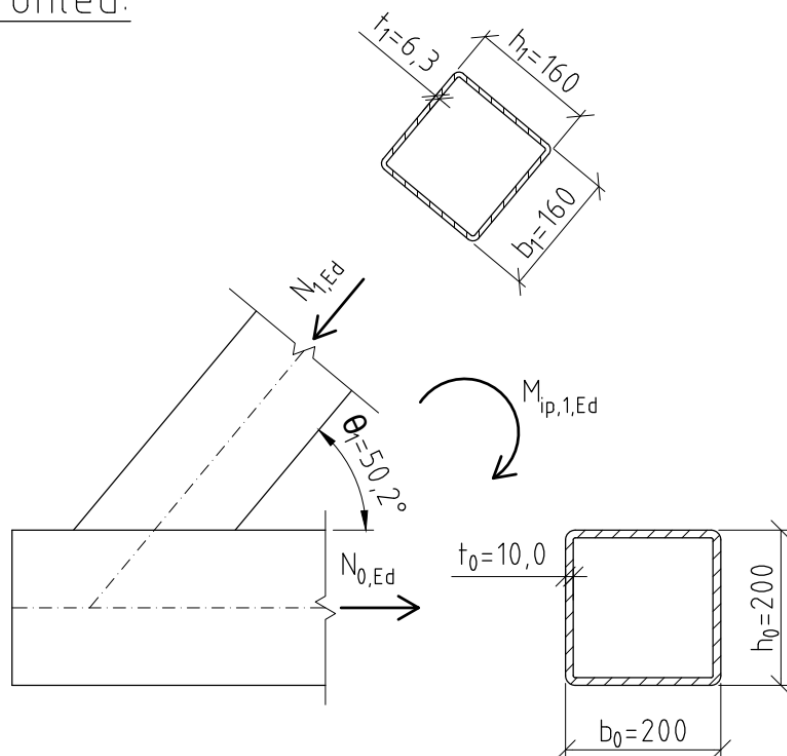
$$67 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$67 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

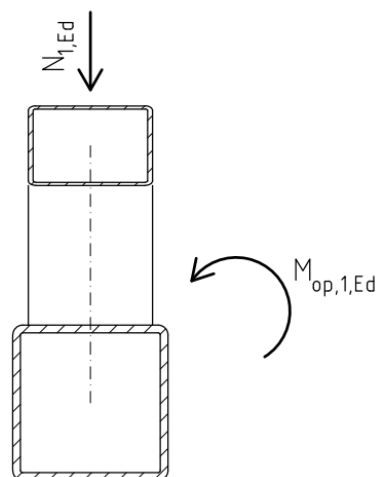
9.2 Přípoj krajních diagonál ke spodnímu pásu příhradového hlavního nosníku

9.2.1 Detail přípoje

Pohled:



Kolmý řez:



9.2.2 Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):

Pásový prut 0:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{0,Ed}$	295.20	kN
Ohybový moment	$M_{0,y,Ed}$	-12.50	kNm
Ohybový moment	$M_{0,z,Ed}$	-1.29	kNm
Max. normálové napětí	$\sigma_{0,Ed}$	-8.56 (tah)	MPa

Diagonála 1:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{1,Ed}$	-354.02	kN
Ohybový moment	$M_{ip,1,Ed}$	-12.36	kNm
Ohybový moment	$M_{op,1,Ed}$	-18.78	kNm

9.2.3 Průřezové charakteristiky

Pásový prut 0:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_0	200	mm
Výška	h_0	200	mm
Tloušťka stěn	t_0	10.0	mm
Plocha průřezu	A_0	7490	mm ²
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	447000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	447000	mm ³
Poměr	h_0/b_0	1.00	
Poměr	b_0/t_0	20.0	
Poměr	h_0/t_0	20.0	

Diagonála 1:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_1	160	mm
Výška	h_1	160	mm
Tloušťka stěn	t_1	6.3	mm
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	220000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	220000	mm ³
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_1	50.2	°
Sinus úhlu sevřeného s p. p.	$\sin(\theta_1)$	0.768	
Účinná šířka	$b_{eff,1}$	127.0	mm
Poměr	b_1/b_0	0.80	
Poměr	b_1/t_1	25.40	
Poměr	h_1/t_1	25.40	
Poměr	h_1/b_1	1.00	

9.2.4 Materiálové charakteristiky

Pásový prut 0:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,0}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a0}	2	

Diagonála 1:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,1}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a1}	2	

9.2.5 Souhrnné parametry

parametr	označení	hodnota	jednotka
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.800	
Poměr dle EC3-1-8 7	η	0.800	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	-0.024	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.10	k_n	1.000	

9.2.6 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8**Poměr b_i/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.800 \geq 0.250 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$cl_{a1} = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cl_{a0} \quad \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.2.7 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.9**Poměr b_i/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.800 \leq 0.85 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 20.00 \geq 10 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.2.8 Návrhová osová únosnost Y styčníku dle EC3-1-8 T.7.10

9.2.8.1 Porušení povrchu pásu

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n f_{y,0} t_0^2}{(1-\beta) \sin(\theta_1)} \left(\frac{2\beta}{\sin(\theta_1)} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 10^2}{(1-0.8) \cdot 0.768} \left(\frac{2 \cdot 0.8}{0.768} + 4\sqrt{1-0.8} \right) / 1.00 = 894.4 \text{ kN}$$

9.2.9 Návrhová momentová únosnost v rovině Y styčníku dle EC3-1-8 T.7.14

9.2.9.1 Porušení povrchu pásu – byl použit upravený vztah pro Y styčník dle [23] rovnice (5.1):

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Diagonála 1:

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{k_n f_{y,0} t_0^2 h_1}{\sin(\theta_1)} \left(\frac{\sin(\theta_1)}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta) \sin(\theta_1)} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot 160}{0.768} \left(\frac{0.768}{2 \cdot 0.8} + \frac{2}{\sqrt{1-0.8}} + \frac{0.8}{(1-0.8) \cdot 0.768} \right) / 1.00 = 75.1 \text{ kNm}$$

9.2.9.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.2.9.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.2.10 Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčníku dle EC3-1-8 T.7.14

9.2.10.1 Porušení povrchu pásu

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Diagonála 1:

$$M_{op,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 \left(\frac{h_1(1+\beta)}{2(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2b_0 b_1(1+\beta)}{1-\beta}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 10^2 \left(\frac{160(1+0.8)}{2(1-0.8)} + \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 160(1+0.8)}{1-0.8}} \right) / 1.00 = 52.5 \text{ kNm}$$

9.2.10.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.2.10.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.2.11 Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)

Osová únosnost:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{354.0}{894.4} = 0.40 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost v rovině:

$$\frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} = \frac{12.4}{75.1} = 0.16 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost z roviny:

$$\frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} = \frac{18.8}{52.5} = 0.36 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Únosnost při kombinaci namáhání osovou silou a ohybem dle EC3-1-8 (7.4):

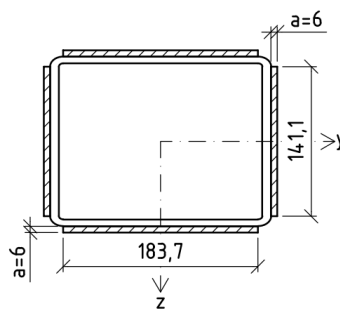
$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} + \frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} \leq 1.00$$

$$0.40 + 0.16 + 0.36 \leq 1.00$$

$$0.92 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.2.11 Návrh svarů mezi krajní diagonálou a pásovým prutem

9.2.11.1 Detail svarů



9.2.11.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-269.44	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-229.67	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-6.34	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	12.36	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-18.78	kNm

9.2.11.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 6 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 183.7 = 367 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 367 = 2204 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 141.1 = 282 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 282 = 1693 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 2204 + 1693 = 3898 \text{ mm}^2$$

Momenty setrvačnosti pro přenos ohybových momentů:

$$I_{w,y} = 1.800 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,z} = 2.563 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Vzdálenosti ke krajním vláknům svarů stojin a pásnic:

$$y_{web} = 110 \text{ mm}$$

$$z_{web} = 71 \text{ mm}$$

$$y_{fl} = 92 \text{ mm}$$

$$z_{fl} = 86 \text{ mm}$$

9.2.11.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.2.11.5 Normálová a tečná napětí ve svarech

Napětí ve stojinách:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{web} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,z}} y_{web} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{269.44 \cdot 10^3}{3898} + \frac{12.36 \cdot 10^6}{1.800 \cdot 10^7} 71 + \frac{18.78 \cdot 10^6}{2.563 \cdot 10^7} 110 \right) / \sqrt{2} = 140.2 MPa$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w,z}} = \frac{6.34 \cdot 10^3}{1693} = 3.7 MPa$$

Napětí v pásnicích:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{fl} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,z}} y_{fl} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{269.44 \cdot 10^3}{3898} + \frac{12.36 \cdot 10^6}{1.800 \cdot 10^7} 86 + \frac{18.78 \cdot 10^6}{2.563 \cdot 10^7} 92 \right) / \sqrt{2} = 138.2 MPa$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} = \frac{229.67 \cdot 10^3}{2204} = 104.2 MPa$$

9.2.11.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

Posouzení stojin:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[140.2^2 + 3(140.2^2 + 3.7^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$280 MPa \leq 436 MPa \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$140.2 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$140.2 MPa \leq 353 MPa \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[138.2^2 + 3(104.2^2 + 104.2^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$330 MPa \leq 436 MPa \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

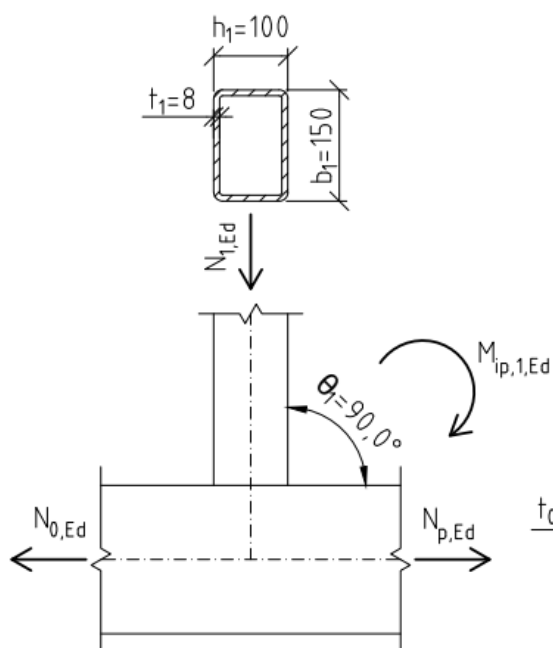
$$138.2 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$138.2 MPa \leq 353 MPa \quad \dots \text{vyhovuje}$$

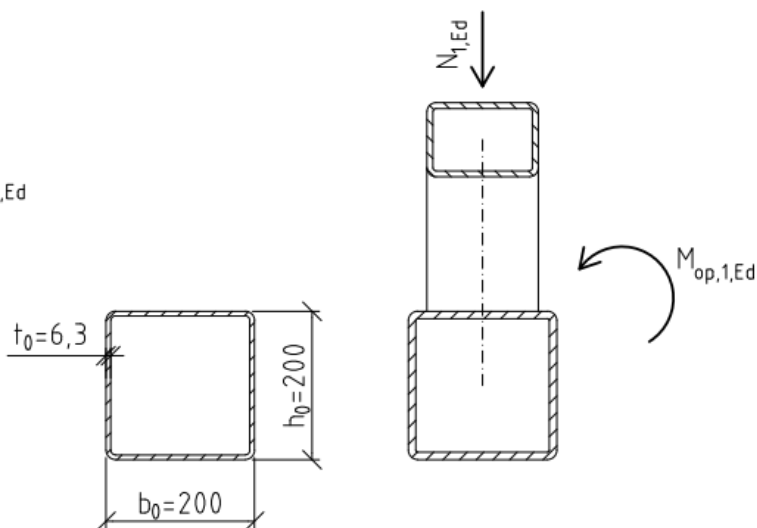
9.3 Přípoj příčníků ke spodnímu pásu příhradového hlavního nosníku

9.3.1 Detail připoje

Pohled:



Kolmý řez:



9.3.2 Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):

Pásový prut 0:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{0,Ed}$	661.18	kN
Ohybový moment	$M_{0,y,Ed}$	-22.74	kNm
Ohybový moment	$M_{0,z,Ed}$	-1.13	kNm
Max. normálové napětí	$\sigma_{0,Ed}$	-57.31 (tah)	MPa

Svislice 1:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{1,Ed}$	-43.18	kN
Ohybový moment	$M_{ip,1,Ed}$	3.18	kNm
Ohybový moment	$M_{op,1,Ed}$	-1.65	kNm

9.3.3 Průřezové charakteristiky

Pásový prut 0:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_0	200	mm
Výška	h_0	200	mm
Tloušťka stěn	t_0	6.3	mm
Plocha průřezu	A_0	4840	mm ²
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	301000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	301000	mm ³
Poměr	h_0/b_0	1.00	
Poměr	b_0/t_0	31.75	
Poměr	h_0/t_0	31.75	

Svislice 1:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_1	150	mm
Výška	h_1	100	mm
Tloušťka stěn	t_1	8.0	mm
Plastický průřezový modul	$W_{1,pl,y}$	180000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{1,pl,z}$	135000	mm ³
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_1	90.0	°
Sinus úhlu sevřeného s p. p.	$\sin(\theta_1)$	1.000	
Účinná šířka	$b_{eff,1}$	37.2	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$B_{e,p,1}$	1.2	mm
Poměr	b_1/b_0	0.75	
Poměr	b_1/t_1	18.75	
Poměr	h_1/t_1	12.50	
Poměr	h_1/b_1	0.67	

9.3.4 Materiálové charakteristiky

Pásový prut 0:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,0}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a_0}	2	

Svislice 1:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,1}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a1}	1	

9.3.5 Souhrnné parametry

parametr	označení	hodnota	jednotka
Modul pružnosti	E	210000	MPa
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.750	
Poměr dle EC3-1-8 7	γ	15.87	
Poměr dle EC3-1-8 7	η	0.500	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	-0.161	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.10	k_n	1.000	
Součinitel imperfekce	α	0.21	
Poměrná štíhlost dle EC3-1-8 T.7.10	$\bar{\lambda}$	1.347	
Pomocný součinitel	Φ	1.528	
Součinitel vzpěrnosti	χ	0.445	
Mez kluzu mezipásového prutu	$f_b = \chi f_{y,0}$	158	MPa

9.3.6 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8**Poměr b_i/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.750 \geq 0.250 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 18.75 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 12.50 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$cl_{a1} = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 0.67 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 0.67 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 31.75 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 31.75 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.7 Návrhová osová únosnost T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.11**9.3.7.1 Porušení povrchu pásu****Ověření, zda jev může nastat:**

$$\beta = 0.750 \leq 0.850 \dots \text{může nastat}$$

Svislice 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n f_{y,0} t_0^2}{(1-\beta) \sin(\theta_1)} \left(\frac{2\beta}{\sin(\theta_1)} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 6.3^2}{(1-0.75) \cdot 1} \left(\frac{2 \cdot 0.75}{1} + 4\sqrt{1-0.75} \right) / 1.00 = 169.1 \text{ kN}$$

9.3.7.2 Vybočení boční stěny pásu**Ověření, zda jev může nastat:**

$$\beta = 0.750 < 0.850 \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.7.3 Porušení mezipásového prutu**Ověření, zda jev může nastat:**

$$\beta = 0.750 < 0.850 \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.7.4 Prolomení smykem**Ověření, zda jev může nastat:**

$$\beta = 0.750 < 0.850 \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.8 Návrhová momentová únosnost v rovině T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14**9.3.8.1 Porušení povrchu pásu:****Ověření, zda jev může nastat:**

$$\beta = 0.750 \leq 0.850 \dots \text{může nastat}$$

Svislice 1:

$$M_{ip,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 h_1 \left(\frac{1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 6.3^2 \cdot 100 \left(\frac{1}{2 \cdot 0.5} + \frac{2}{\sqrt{1-0.75}} + \frac{0.5}{(1-0.75)} \right) / 1.00 = 9.9 \text{ kNm}$$

9.3.8.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.75 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.8.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.75 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.9 Návrhová momentová únosnost z roviny T styčníku dle EC3-1-8 T.7.14

9.3.9.1 Porušení povrchu pásu

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.750 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Svislice 1:

$$M_{op,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 \left(\frac{h_1(1+\beta)}{2(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2b_0b_1(1+\beta)}{1-\beta}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 6.3^2 \left(\frac{100(1+0.75)}{2(1-0.75)} + \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 150(1+0.75)}{1-0.75}} \right) / 1.00 = 14.1 \text{ kNm}$$

9.3.9.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.750 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.9.3 Porušení pásu zkroucením:

Svislice 1:

$$M_{op,1,Rd} = 2 f_{y,0} t_0 (h_1 t_0 + \sqrt{b_0 h_0 t_0 (b_0 + h_0)}) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 2 \cdot 355 \cdot 6.3 \left(100 \cdot 6.3 + \sqrt{200 \cdot 200 \cdot 6.3(200 + 200)} \right) / 1.00 = 47.7 \text{ kNm}$$

9.3.9.4 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.750 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.3.10 Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)

Osová únosnost:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{43.2}{169.1} = 0.26 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost v rovině:

$$\frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} = \frac{3.2}{9.9} = 0.32 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost z roviny:

$$\frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} = \frac{1.7}{14.1} = 0.12 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Únosnost při kombinaci namáhání osovou silou a ohybem dle EC3-1-8 (7.4):

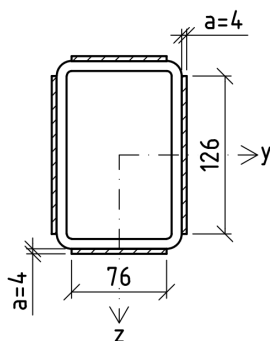
$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} + \frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} \leq 1.00$$

$$0.26 + 0.32 + 0.12 \leq 1.00$$

$$0.70 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.3.11 Návrh svarů mezi příčnickem a pásovým prutem

9.3.11.1 Detail svarů



9.3.11.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-43.18	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-1.84	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-35.45	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-1.65	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	3.18	kNm

9.3.11.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 4.0 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 76 = 152 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 4 \cdot 152 = 608 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 126 = 252 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,z} = 4 \cdot 252 = 1008 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 608 + 1008 = 1616 \text{ mm}^2$$

Momenty setrvačnosti pro přenos ohybových momentů:

$$I_{w,y} = 4.939 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,z} = 3.019 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Vzdálenosti ke krajním vláknům svarů stojin a pásnic:

$$y_{web} = 54 \text{ mm}$$

$$z_{web} = 63 \text{ mm}$$

$$y_{fl} = 38 \text{ mm}$$

$$z_{fl} = 79 \text{ mm}$$

9.3.11.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.3.11.5 Normálová a tečná napětí ve svarech

Napětí ve stojinách:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{web} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{web} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{43.18 \cdot 10^3}{1616} + \frac{1.65 \cdot 10^6}{4.939 \cdot 10^6} 63 + \frac{3.18 \cdot 10^6}{3.019 \cdot 10^6} 54 \right) / \sqrt{2} = 74.0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w,z}} = \frac{35.45 \cdot 10^3}{1008} = 35.2 \text{ MPa}$$

Napětí v pásnicích:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{fl} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,z}} y_{fl} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{43.18 \cdot 10^3}{1616} + \frac{1.65 \cdot 10^6}{4.939 \cdot 10^6} 79 + \frac{3.18 \cdot 10^6}{3.019 \cdot 10^6} 38 \right) / \sqrt{2} = 65.9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} = \frac{1.84 \cdot 10^3}{608} = 3.0 \text{ MPa}$$

9.3.11.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2**Posouzení stojin:**

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[74^2 + 3(74^2 + 35.2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$160 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$74 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$74 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[65.9^2 + 3(65.9^2 + 3.0^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$131.9 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$65.9 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

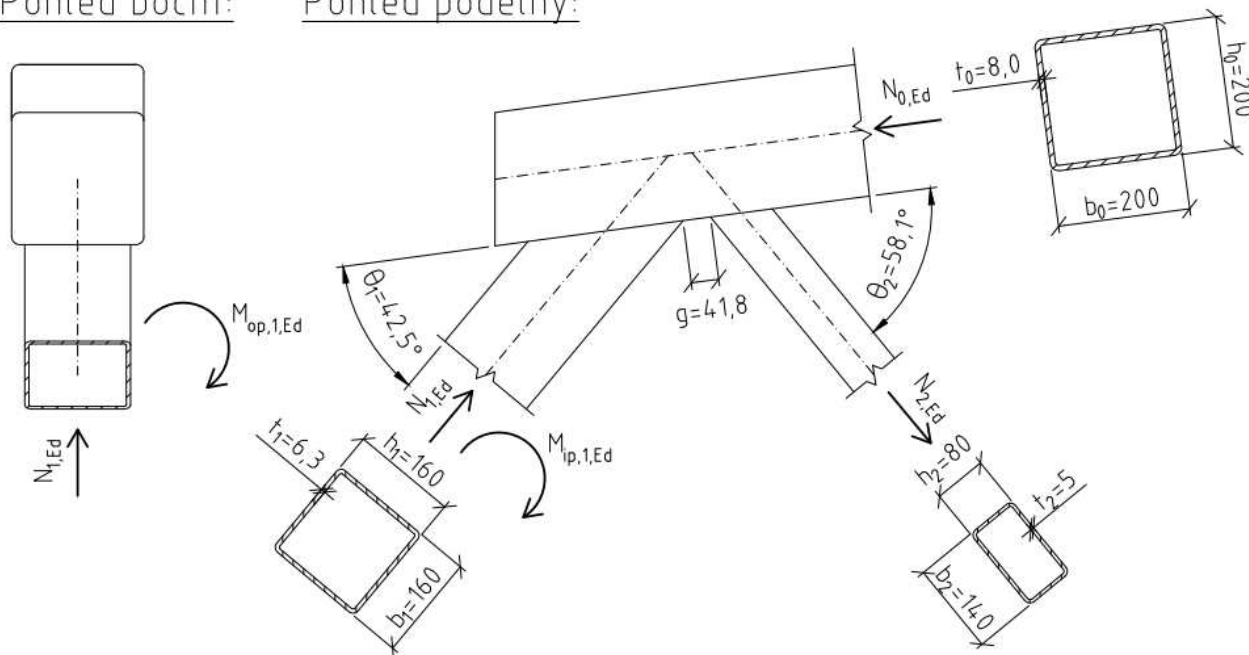
$$65.9 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.4 Přípoj krajních a běžných diagonál k hornímu pásu příhradového hlavního nosníku

9.4.1 Detail přípoje

Pohled boční:

Pohled podélný:



9.4.2 Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 82):

Pásový prut 0:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{0,Ed}$	414.52	kN
Ohybový moment	$M_{0,y,Ed}$	-0.42	kNm
Ohybový moment	$M_{0,z,Ed}$	4.29	kNm
Posouvající síla	V_{Ed}	2.18	kN
Max. normálové napětí	$\sigma_{0,Ed}$	80.87 (tlak)	MPa

Diagonála 1:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{1,Ed}$	-352.52	kN
Ohybový moment	$M_{ip,1,Ed}$	-8.32	kNm
Ohybový moment	$M_{op,1,Ed}$	5.23	kNm

Diagonála 2:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{2,Ed}$	284.20	kN

9.4.3 Průřezové charakteristiky

Pásový prut 0:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_0	200	mm
Výška	h_0	200	mm
Tloušťka stěn	t_0	8.0	mm
Plocha průřezu	A_0	6080	mm ²
Smyková plocha	A_v	3462	mm ²
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	371000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	371000	mm ³
Poměr	h_0/b_0	1.00	
Poměr	b_0/t_0	25.0	
Poměr	h_0/t_0	25.0	

Diagonála 1:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_1	160	mm
Výška	h_1	160	mm
Tloušťka stěn	t_1	6.3	mm
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_1	42.5	°
Sinus úhlu sevřeného s p. p.	$\sin(\theta_1)$	0.676	
Účinná šířka	$b_{eff,1}$	81.3	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,1}$	1.0	mm
Poměr	b_1/b_0	0.80	
Poměr	b_1/t_1	25.4	
Poměr	h_1/t_1	25.4	
Poměr	h_1/b_1	1.00	

Diagonála 2:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_2	140	mm
Výška	h_2	80	mm
Tloušťka stěn	t_2	5.0	mm
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_2	58.1	°
Sinus úhlu sevřeného s pás. prutem	$\sin(\theta_2)$	0.849	
Účinná šířka	$b_{\text{eff},2}$	89.6	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,2}$	0.9	mm
Poměr	b_2/b_0	0.70	
Poměr	b_2/t_2	28.00	
Poměr	h_2/t_2	16.00	
Poměr	h_2/b_2	0.57	

9.4.4 Materiálové charakteristiky**Pásový prut 0:**

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,0}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Plastická smyková únosnost	$V_{pl,Rd}$	709.49	kN
Třída průřezu	cl_{a0}	2	

Diagonála 1:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,1}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a1}	1	

Diagonála 2:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,2}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a2}	1	

9.4.5 Souhrnné parametry

Pro ověření K styčnicku:

parametr	označení	hodnota	jednotka
Mezera	g	41.8	mm
Poměr	g/b_0	0.209	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	α	0.164	
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.675	
Poměr dle EC3-1-8 7	γ	12.500	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	0.228	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	k_n	1.000	

Pro ověření Y styčnicku:

parametr	označení	hodnota	jednotka
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.800	
Poměr dle EC3-1-8 7	η	0.800	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	0.228	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	k_n	1.000	

9.4.6 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8

Pro ověření K styčnicku:

Poměr b_i/b_0 :

$$b_1/b_0 = 0.800 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_1/b_0 = 0.800 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 25.0 = 0.350 \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.700 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.700 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 25.0 = 0.350 \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_1 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/t_2 = 28.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/t_2 = 16.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_2 \quad \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 0.57 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 0.57 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 = 2 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Mezera g:

$$g/b_0 = 0.209 \geq 0.163 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$g = 41.8 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 6.3 + 5.0 = 11.3 \text{ mm} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Pro ověření Y styčnicku:**Poměr b_i/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.800 \geq 0.250 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 25.40 \leq 35.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_1 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 = 2 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.4.7 Návrhové osově únosnosti K styčnicku dle EC3-1-8 T.7.12

9.4.7.1 Porušení povrchu pásu

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{8.9k_n f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_1)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8.0^2 \cdot \sqrt{12.5}}{0.676} 0.675 / 1.00 = 714.3 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{8.9k_n f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_2)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8.0^2 \cdot \sqrt{12.5}}{0.849} 0.675 / 1.00 = 568.4 \text{ kN}$$

9.4.7.2 Porušení pásu smykem

Pásový prut 0:

$$N_{0,Rd} = \left[(A_0 - A_V) f_{y,0} + A_V f_{y,0} \sqrt{1 - (V_{Ed} / V_{pl,Rd})^2} \right] / \gamma_{M5}$$

$$N_{0,Rd} = \left[(6080 - 3462) 355 + 3462 \cdot 355 \sqrt{1 - (2.18 / 709.49)^2} \right] / 1.00 = 2158.4 \text{ kN}$$

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,0} A_V}{\sqrt{3} \sin(\theta_1)} / \gamma_{M5} = \frac{355 \cdot 3462}{\sqrt{3} \cdot 0.676} / 1.00 = 52.5 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y,0} A_V}{\sqrt{3} \sin(\theta_2)} / \gamma_{M5} = \frac{355 \cdot 3462}{\sqrt{3} \cdot 0.849} / 1.00 = 7284.2 \text{ kN}$$

9.4.7.1 Porušení mezipásového prutu

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = f_{y,1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff,1}) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 355 \cdot 6.3 (2 \cdot 160 - 4 \cdot 6.3 + 160 + 81.3) / 1.00 = 1198.9 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = f_{y,2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff,2}) / \gamma_{M5}$$

$$N_{2,Rd} = 355 \cdot 5.0 (2 \cdot 80 - 4 \cdot 5.0 + 140 + 89.6) / 1.00 = 656.0 \text{ kN}$$

9.4.7.1 Prolomení smykem

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.550 \leq 1 - 1/\gamma = 1 - 1/12.5 = 0.920 \quad \dots \text{ může nastat}$$

Diagonála 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,0} t_0}{\sqrt{3} \sin(\theta_1)} \left(\frac{2h_1}{\sin(\theta_1)} + b_1 + b_{e,p,1} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 8.0}{\sqrt{3} \cdot 0.818} \left(\frac{2 \cdot 160}{0.676} + 160 + 1.0 \right) / 1.00 = 1540.3 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y,0} t_0}{\sqrt{3} \sin(\theta_2)} \left(\frac{2h_2}{\sin(\theta_2)} + b_2 + b_{e,p,2} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{355 \cdot 8.0}{\sqrt{3} \cdot 0.773} \left(\frac{2 \cdot 80}{0.849} + 140 + 0.9 \right) / 1.006 = 636.1 \text{ kN}$$

9.4.8 Návrhová momentová únosnost v rovině Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14

9.4.8.1 Porušení povrchu pásu – byl použit upravený vztah pro Y styčník dle [23] rovnice (5.1):

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 \leq 0.850 \quad \dots \text{ může nastat}$$

Diagonála 1:

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{k_n f_{y,0} t_0^2 h_1}{\sin(\theta_1)} \left(\frac{\sin(\theta_1)}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)\sin(\theta_1)} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 8^2 \cdot 160}{0.676} \left(\frac{0.676}{2 \cdot 0.8} + \frac{2}{\sqrt{1-0.8}} + \frac{0.8}{(1-0.8) \cdot 0.676} \right) / 1.00 = 58.2 \text{ kNm}$$

9.4.8.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{ nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.4.8.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{ nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.4.9 Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14**9.4.9.1 Porušení povrchu pásu**

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 \leq 0.850 \quad \dots \text{ může nastat}$$

Diagonála 1:

$$M_{op,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 \left(\frac{h_1(1+\beta)}{2(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2b_0b_1(1+\beta)}{1-\beta}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 8^2 \left(\frac{160(1+0.8)}{2(1-0.8)} + \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 160(1+0.8)}{1-0.8}} \right) / 1.00 = 33.6 \text{ kNm}$$

9.4.9.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{ nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.4.9.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.800 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.4.10 Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)

Pásový prut:

Osová únosnost:

$$\frac{N_{0,Ed}}{N_{0,Rd}} = \frac{414.5}{2158.4} = 0.19 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Diagonála 1:

Osová únosnost:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{352.5}{714.3} = 0.49 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost v rovině:

$$\frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} = \frac{8.3}{58.2} = 0.14 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost z roviny:

$$\frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} = \frac{5.2}{33.6} = 0.16 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Únosnost při kombinaci namáhání osovou silou a ohybem dle EC3-1-8 (7.4):

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} + \frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} \leq 1.00$$

$$0.40 + 0.14 + 0.16 \leq 1.00$$

$$0.79 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

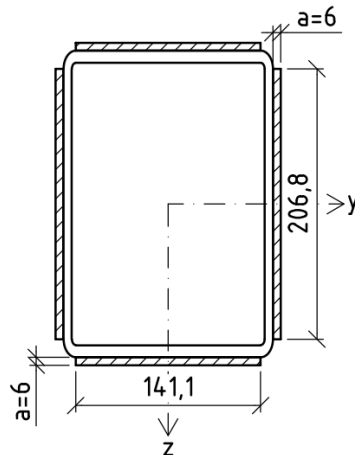
Diagonála 2:

Osová únosnost:

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{284.2}{568.4} = 0.50 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.4.11 Návrh svarů mezi krajní diagonálou a horním pásem

9.4.11.1 Detail svarů



9.4.11.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-242.74	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-5.93	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	255.72	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-8.32	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	1.78	kNm
Ohybový moment	T_{Ed}	-5.47	kNm

9.4.11.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 6 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 141.1 = 282 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 282 = 1693 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 206.8 = 414 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,y} = 6 \cdot 414 = 2482 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 1693 + 2482 = 4175 \text{ mm}^2$$

Momenty setrvačnosti pro přenos ohybových momentů a kroutícího momentu:

$$I_{w,y} = 3.334 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,z} = 1.991 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,p} = I_{w,y} + I_{w,z} = 3.334 \cdot 10^7 + 1.991 \cdot 10^7 = 5.325 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Vzdálenosti ke krajním vláknům svarů stojin a pásnic:

$$y_{web} = 86 \text{ mm}$$

$$z_{web} = 103 \text{ mm}$$

$$y_{fl} = 71 \text{ mm}$$

$$z_{fl} = 123 \text{ mm}$$

9.4.11.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.4.11.5 Normálová a tečná napětí ve svarech**Rozhodující napětí ve stojině (pravá stojina – dolní vlákna):**

$$\sigma_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{web} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{web} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} z_{web} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \left(-\frac{242.74 \cdot 10^3}{4175} - \frac{8.32 \cdot 10^6}{3.334 \cdot 10^7} 103 + \frac{1.78 \cdot 10^6}{1.991 \cdot 10^7} 86 + \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 103 \right) / \sqrt{2} = -46.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{web} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{web} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} z_{web} \right) / \sqrt{2}$$

$$\tau_{\perp} = \left(-\frac{242.74 \cdot 10^3}{4175} - \frac{8.32 \cdot 10^6}{3.334 \cdot 10^7} 103 + \frac{1.78 \cdot 10^6}{1.991 \cdot 10^7} 86 - \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 103 \right) / \sqrt{2} = -61.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w,z}} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} y_{web}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{255.72 \cdot 10^3}{2482} + \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 86 = 111.9 \text{ MPa}$$

Rozhodující napětí v pásnici (dolní stojina – levá vlákna):

$$\sigma_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{fl} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{fl} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} y_{fl} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \left(-\frac{242.74 \cdot 10^3}{4175} - \frac{8.32 \cdot 10^6}{3.334 \cdot 10^7} 123 - \frac{1.78 \cdot 10^6}{1.991 \cdot 10^7} 71 + \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 71 \right) / \sqrt{2} = -62.2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{fl} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{fl} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} y_{fl} \right) / \sqrt{2}$$

$$\tau_{\perp} = \left(-\frac{242.74 \cdot 10^3}{4175} - \frac{8.32 \cdot 10^6}{3.334 \cdot 10^7} 123 - \frac{1.78 \cdot 10^6}{1.991 \cdot 10^7} 71 - \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 71 \right) / \sqrt{2} = -72.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} + \frac{T_{Ed}}{I_{w,p}} z_{fl}$$

$$\tau_{\parallel} = -\frac{255.72 \cdot 10^3}{2482} + \frac{5.47 \cdot 10^6}{5.325 \cdot 10^6} 123 = 9.2 \text{ MPa}$$

9.4.11.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2**Posouzení stojin:**

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[46.4^2 + 3(61.4^2 + 111.9^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$225.9 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$46.4 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$46.4 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \dots \text{ vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[62.2^2 + 3(72.5^2 + 9.2^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$141 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \dots \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$62.2 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

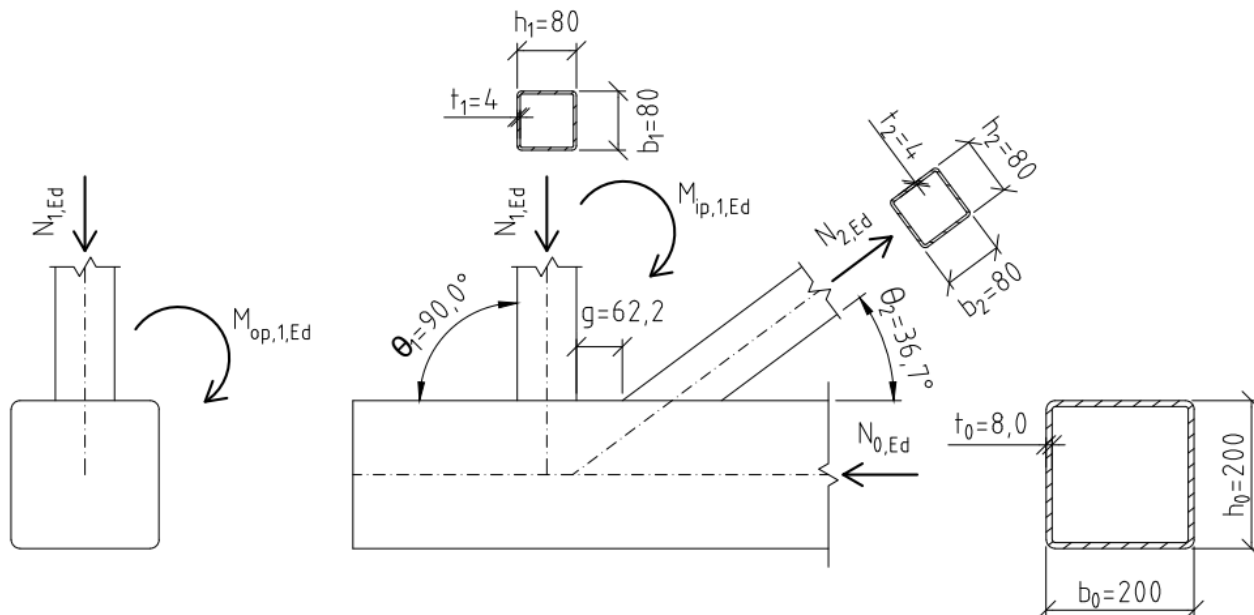
$$62.2 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \dots \text{ vyhovuje}$$

9.5 Přípoj krajních vzpěr a diagonál ztužení k hornímu pásu příhradového hlavního nosníku

9.5.1 Detail přípoje

Pohled boční:

Pohled půdorysný:



9.5.2 Vnitřní síly a napětí (dle kombinace zatížení 49):

Pásový prut 0:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{0,Ed}$	-151.80	kN
Ohybový moment	$M_{0,y,Ed}$	5.37	kNm
Ohybový moment	$M_{0,z,Ed}$	-0.13	kNm
Posouvající síla	V_{Ed}	1.11	kN
Max. normálové napětí	$\sigma_{0,Ed}$	39.79 (tlak)	MPa

Svislice 1:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{1,Ed}$	-9.73	kN
Ohybový moment	$M_{ip,1,Ed}$	1.04	kNm
Ohybový moment	$M_{op,1,Ed}$	3.72	kNm

Diagonála 2:

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	$N_{2,Ed}$	23.93	kN

9.5.3 Průřezové charakteristiky

Pásový prut 0:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_0	200	mm
Výška	h_0	200	mm
Tloušťka stěn	t_0	8.0	mm
Plocha průřezu	A_0	6080	mm ²
Smyková plocha	A_v	3377	mm ²
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,y}$	371000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{0,el,z}$	371000	mm ³
Poměr	h_0/b_0	1.00	
Poměr	b_0/t_0	25.0	
Poměr	h_0/t_0	25.0	

Svislice 1:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_1	80	mm
Výška	h_1	80	mm
Tloušťka stěn	t_1	4.0	mm
Plastický průřezový modul	$W_{1,pl,y}$	34000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{1,pl,z}$	34000	mm ³
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_1	90.0	°
Sinus úhlu sevřeného s p. p.	$\sin(\theta_1)$	1.000	
Účinná šířka	$b_{eff,1}$	64.0	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,1}$	0.5	mm
Poměr	b_1/b_0	0.40	
Poměr	b_1/t_1	20.0	
Poměr	h_1/t_1	20.0	
Poměr	h_1/b_1	1.00	

Diagonála 2:

průřezová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Šířka	b_2	80	mm
Výška	h_2	80	mm
Tloušťka stěn	t_2	4.0	mm
Úhel sevřený s pásovým prutem	θ_2	36.7	°
Sinus úhlu sevřeného s pás. prutem	$\sin(\theta_2)$	0.598	
Účinná šířka	$b_{\text{eff},2}$	64.0	mm
Účinná šířka při prolomení smykem	$b_{e,p,2}$	0.5	mm
Poměr	b_2/b_0	0.40	
Poměr	b_2/t_2	20.00	
Poměr	h_2/t_2	20.00	
Poměr	h_2/b_2	1.00	

9.5.4 Materiálové charakteristiky**Pásový prut 0:**

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,0}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M0}	1.00	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Plastická smyková únosnost	$V_{pl,Rd}$	692.17	kN
Třída průřezu	cl_{a0}	2	

Svislice 1:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,1}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a1}	1	

Diagonála 2:

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	$f_{y,2}$	355	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M5}	1.00	
Třída průřezu	cl_{a2}	1	

9.5.5 Souhrnné parametry

Pro ověření N styčnicku:

parametr	označení	hodnota	jednotka
Mezera	g	62.2	mm
Poměr	g/b_0	0.311	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	α	0.111	
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.400	
Poměr dle EC3-1-8 7	γ	12.500	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	0.112	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	k_n	1.000	

Pro ověření Y styčnicku:

parametr	označení	hodnota	jednotka
Poměr dle EC3-1-8 7	β	0.400	
Poměr dle EC3-1-8 7	η	0.400	
Poměr dle EC3-1-8 7	n	0.112	
Součinitel dle EC3-1-8 T.7.12	k_n	1.000	

9.5.6 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.8

Pro ověření N styčnicku:

Poměr b_i/b_0 :

$$b_1/b_0 = 0.400 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_1/b_0 = 0.400 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 25.0 = 0.350 \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.400 \geq 0.350 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/b_0 = 0.400 \geq 0.1 + 0.01b_0/t_0 = 0.1 + 0.01 \cdot 25.0 = 0.350 \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_1 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$b_2/t_2 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/t_2 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_2 \quad \dots \text{tah} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_2/b_2 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Mezera g:

$$g/b_0 = 0.311 \geq 0.300 \dots \text{vyhovuje}$$

$$g = 62.2 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 4.0 + 4.0 = 8.0 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Pro ověření T styčnicku:**Poměr b_i/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.400 \geq 0.250 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_i/t_i a h_i/t_i :

$$b_1/t_1 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/t_1 = 20.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_1 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr h_0/b_0 a h_i/b_i :

$$h_0/b_0 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/b_0 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \geq 0.5 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_1/b_1 = 1.00 \leq 2.0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 a h_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$h_0/t_0 = 25.00 \leq 35.00 \dots \text{vyhovuje}$$

$$cla_0 = 1 \leq 2 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.5.7 Rozsah platnosti dle EC3-1-8 T.7.9

Pro ověření N styčnicku:**Poměr $(b_1+b_2)/(2b_1)$:**

$$(b_1 + b_2)/(2b_1) = 1.000 \geq 0.600 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$(b_1 + b_2)/(2b_1) = 1.000 \leq 1.300 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \geq 15 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Pro ověření T styčnicku:**Poměr b_1/b_0 :**

$$b_1/b_0 = 0.400 \leq 0.850 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Poměr b_0/t_0 :

$$b_0/t_0 = 25.00 \geq 10 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.5.8 Návrhové osově únosnosti N styčnicku dle EC3-1-8 T.7.10

9.5.8.1 Porušení povrchu pásu

Svislice 1:

$$N_{1,Rd} = \frac{8.9k_n f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_1)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8.0^2 \cdot \sqrt{12.5}}{1.000} 0.400 / 1.00 = 286.0 \text{ kN}$$

Diagonála 2:

$$N_{2,Rd} = \frac{8.9k_n f_{y,0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_2)} \beta / \gamma_{M5} = \frac{8.9 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8.0^2 \cdot \sqrt{12.5}}{0.598} 0.400 / 1.00 = 478.5 \text{ kN}$$

9.5.9 Návrhová momentová únosnost v rovině T styčnicku dle EC3-1-8 T.7.14

9.5.9.1 Porušení povrchu pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Svislice 1:

$$M_{ip,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 h_1 \left(\frac{1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 8^2 \cdot 80 \left(\frac{1}{2 \cdot 0.4} + \frac{2}{\sqrt{1-0.4}} + \frac{0.4}{(1-0.4)} \right) / 1.00 = 8.2 \text{ kNm}$$

9.5.9.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.5.9.3 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.5.10 Návrhová momentová únosnost z roviny Y styčníku dle EC3-1-8 T.7.14

9.5.10.1 Porušení povrchu pásu

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 \leq 0.850 \quad \dots \text{může nastat}$$

Svislice 1:

$$M_{op,1,Rd} = k_n f_{y,0} t_0^2 \left(\frac{h_1(1+\beta)}{2(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2b_0b_1(1+\beta)}{1-\beta}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 1 \cdot 355 \cdot 8^2 \left(\frac{80(1+0.4)}{2(1-0.4)} + \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 80(1+0.4)}{1-0.4}} \right) / 1.00 = 8.3 \text{ kNm}$$

9.5.10.2 Porušení boční stěny pásu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.5.10.3 Porušení pásu zkroucením:

Svislice 1:

$$M_{op,1,Rd} = 2 f_{y,0} t_0 (h_1 t_0 + \sqrt{b_0 h_0 t_0 (b_0 + h_0)}) / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = 2 \cdot 355 \cdot 8.0 \left(80 \cdot 8.0 + \sqrt{200 \cdot 200 \cdot 8.0(200 + 200)} \right) / 1.00 = 67.9 \text{ kNm}$$

9.5.10.4 Porušení mezipásového prutu:

Ověření, zda jev může nastat:

$$\beta = 0.400 < 0.850 \quad \dots \text{nemůže nastat} \rightarrow \text{netřeba ověřovat}$$

9.5.11 Posouzení dle EC3-1-8 (7.4)

Svislice 1:**Osová únosnost:**

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{9.7}{286} = 0.03 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost v rovině:

$$\frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} = \frac{1.0}{8.2} = 0.13 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Momentová únosnost z roviny:

$$\frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} = \frac{3.7}{8.3} = 0.45 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Únosnost při kombinaci namáhání osovou silou a ohybem dle EC3-1-8 (7.4):

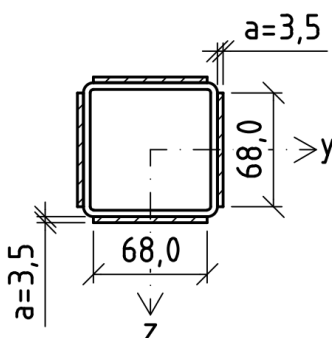
$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} + \frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} \leq 1.00$$

$$0.03 + 0.13 + 0.45 \leq 1.00$$

$$0.61 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Diagonála 2:**Osová únosnost:**

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{23.9}{478.5} = 0.05 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.5.12 Návrh svarů mezi krajní vzpěrou ztužení a horním pásem hlavního př. nosníku**9.5.12.1 Detail svarů****9.5.12.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 49)**

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	-9.73	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.65	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-2.41	kN
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-4.06	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-1.14	kNm

9.5.12.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky**Účinná výška:**

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 68 = 136 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 3.5 \cdot 136 = 476 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 68 = 136 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,y} = 3.5 \cdot 136 = 476 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 476 + 476 = 952 \text{ mm}^2$$

Momenty setrvačnosti pro přenos ohybových momentů:

$$I_{w,y} = 1.014 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,z} = 1.014 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Vzdálenosti ke krajním vláknům svarů stojin a pásnic:

$$y_{web} = 44 \text{ mm}$$

$$z_{web} = 34 \text{ mm}$$

$$y_{fl} = 34 \text{ mm}$$

$$z_{fl} = 44 \text{ mm}$$

9.5.12.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.5.12.5 Normálová a tečná napětí ve svarech

Napětí ve stojinách:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{web} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{web} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{9.73 \cdot 10^3}{952} + \frac{4.06 \cdot 10^6}{1.014 \cdot 10^6} 34 + \frac{1.14 \cdot 10^6}{1.014 \cdot 10^6} 44 \right) / \sqrt{2} = 138.1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w,z}} = \frac{2.41 \cdot 10^3}{476} = 5.1 \text{ MPa}$$

Napětí v pásnicích:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y,Ed}}{I_{w,y}} z_{fl} + \frac{M_{z,Ed}}{I_{w,z}} y_{fl} \right) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left(\frac{9.73 \cdot 10^3}{952} + \frac{4.06 \cdot 10^6}{1.014 \cdot 10^6} 44 + \frac{1.14 \cdot 10^6}{1.014 \cdot 10^6} 34 \right) / \sqrt{2} = 157.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} = \frac{0.65 \cdot 10^3}{476} = 1.4 \text{ MPa}$$

9.5.12.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

Posouzení stojin:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[138.1^2 + 3(138.1^2 + 5.1^2)]^{0.5} \leq 490/(0.90 \cdot 1.25)$$

$$276.4 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$138.1 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$138.1 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[157.5^2 + 3(157.5^2 + 1.4^2)]^{0.5} \leq 490/(0.90 \cdot 1.25)$$

$$315 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

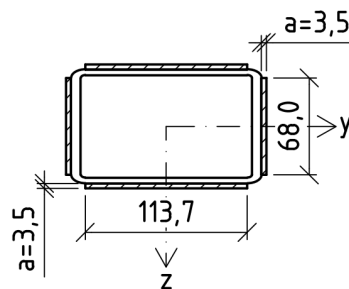
$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$157.5 \leq 0.9 \cdot 490 / 1.25$$

$$157.5 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.5.13 Návrh svarů mezi diagonálou ztužení a horním pásem hlavního nosníku

9.5.13.1 Detail svarů



9.5.13.2 Vnitřní síly působící v rovině svaru (dle kombinace zatížení 49)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	14.33	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-19.23	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.31	kN

9.5.13.3 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos posouvajících sil:

$$l_{eff,y} = 2 \cdot 113.7 = 227 \text{ mm}$$

$$A_{w,y} = a \cdot l_{eff,y} = 3.5 \cdot 227 = 796 \text{ mm}^2$$

$$l_{eff,z} = 2 \cdot 68 = 136 \text{ mm}$$

$$A_{w,z} = a \cdot l_{eff,y} = 3.5 \cdot 136 = 476 \text{ mm}^2$$

Účinná plocha pro přenos normálových sil:

$$A_w = A_{w,y} + A_{w,z} = 796 + 476 = 1272 \text{ mm}^2$$

9.5.13.4 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	490	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.90	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.5.13.5 Normálová a tečná napětí ve svarech

Napětí ve stojinách:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{14.33 \cdot 10^3}{1272} / \sqrt{2} = 8.0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w,z}} = \frac{0.31 \cdot 10^3}{476} = 0.7 \text{ MPa}$$

Napětí v pásnicích:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{14.33 \cdot 10^3}{1272} / \sqrt{2} = 8.0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{A_{w,y}} = \frac{19.23 \cdot 10^3}{796} = 24.2 \text{ MPa}$$

9.5.13.6 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

Posouzení stojin:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[8^2 + 3(8^2 + 0.7^2)]^{0.5} \leq 490 / (0.90 \cdot 1.25)$$

$$16 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9f_u/\gamma_{M2}$$

$$8 \leq 0.9 \cdot 490/1.25$$

$$8 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

Posouzení pásnic:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[8^2 + 3(8^2 + 24.2^2)]^{0.5} \leq 490/(0.90 \cdot 1.25)$$

$$44.8 \text{ MPa} \leq 436 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

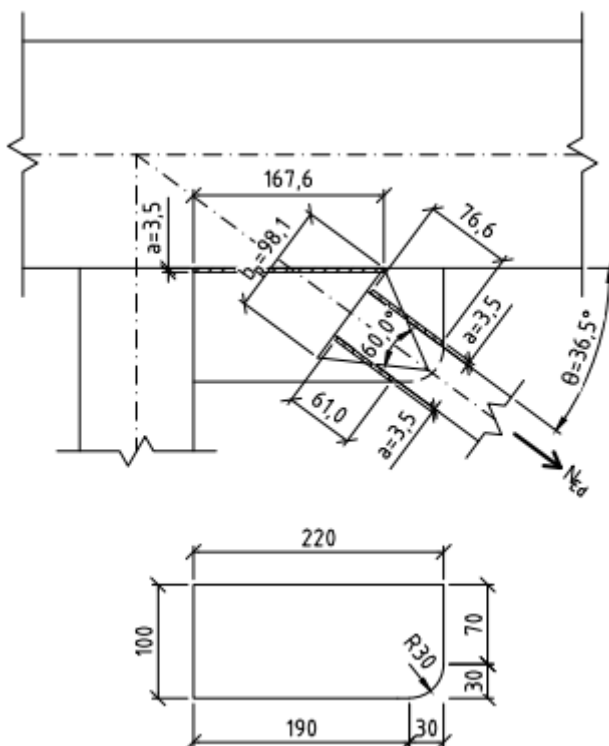
$$\sigma_{\perp} \leq 0.9f_u/\gamma_{M2}$$

$$8 \leq 0.9 \cdot 490/1.25$$

$$8 \text{ MPa} \leq 353 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

9.6 Přípoj podmostvkových ztužidel k pásovým prutům a příčnickům

9.6.1 Detail přípoje



9.6.2 Návrh svarů mezi ztužidlem a styčnickým plechem

9.6.2.1 Vnitřní síly působící na svar (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N_{Ed}	76.64	kN

9.6.2.2 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos sil:

$$l_{eff} = 2 \cdot 61 + 2 \cdot 76.6 = 275 \text{ mm}$$

$$A_w = a \cdot l_{eff} = 3.5 \cdot 275 = 963 \text{ mm}^2$$

9.6.2.3 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	360	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.80	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.6.2.4 Normálová a tečná napětí ve svarech

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{76.64 \cdot 10^3}{963} = 79.6 \text{ MPa}$$

9.6.2.5 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3(0^2 + 79.6^2)]^{0.5} \leq 360 / (0.80 \cdot 1.25)$$

$$137.9 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$0 \leq 0.9 \cdot 360 / 1.25$$

$$0 \text{ MPa} \leq 324 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.6.3 Návrh svarů mezi styčnickovým plechem a pásovým prutem

Pozn.: Uvažuji, že tento svar přenesou veškerá zatížení, svar mezi styčnickovým plechem a příčnickem je tedy proveden pouze konstrukčně.

9.6.3.1 Vnitřní síly působící na svar (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Složka síly paralelní se svarem	$F_{\parallel, Ed}$	61.60	kN
Složka síly kolmá na svar	$F_{\perp, Ed}$	45.58	kN

9.6.3.2 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos sil:

$$l_{eff} = 2 \cdot 167.6 = 335 \text{ mm}$$

$$A_w = a \cdot l_{eff} = 3.5 \cdot 335 = 1173 \text{ mm}^2$$

9.6.3.3 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	360	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.80	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.6.3.4 Normálová a tečná napětí ve svarech

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{\perp,Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{45.58 \cdot 10^3}{1173} / \sqrt{2} = 27.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel,Ed}}{A_w} = \frac{61.60 \cdot 10^3}{1173} = 52.5 \text{ MPa}$$

9.6.3.5 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[27.5^2 + 3(27.5^2 + 52.5^2)]^{0.5} \leq 360 / (0.80 \cdot 1.25)$$

$$106.3 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$15.0 \leq 0.9 \cdot 360 / 1.25$$

$$27.5 \text{ MPa} \leq 324 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

9.6.4 Návrh tloušťky styčnickového plechu

Pozn.: Uvažuji roznos sil pod úhlem 60° viz detail přípoje.

9.6.4.1 Vnitřní síly působící na plech (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N _{Ed}	76.64	kN

9.6.4.2 Rozměry plechu v posuzovaném místě a jeho průřezové charakteristiky

Účinná šířka plechu:

$$b_p = 98.1 \text{ mm}$$

Tloušťka plechu:

$$t_p = 6 \text{ mm}$$

Účinná plocha pro přenos sil:

$$A_p = b_p t_p = 98.1 \cdot 6 = 589 \text{ mm}^2$$

9.6.4.3 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f _y	235	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ _{M0}	1.00	

9.6.4.4 Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3 nebo 6.2.4

$$N_{Rd} = \frac{A_p f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{589 \cdot 235}{1.00} = 138 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{76.64}{138} = 0.56 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

9.7.2.4 Normálová a tečná napětí ve svarech

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{76.64 \cdot 10^3}{1183} = 64.8 \text{ MPa}$$

9.7.2.5 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3(0^2 + 64.8^2)]^{0.5} \leq 360 / (0.80 \cdot 1.25)$$

$$112 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$0 \leq 0.9 \cdot 360 / 1.25$$

$$0 \text{ MPa} \leq 324 \text{ MPa} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

9.7.3 Návrh svarů mezi styčnickovým plechem a pásovým prutem

9.7.3.1 Vnitřní síly působící na svar (dle kombinace zatížení 93)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Složka síly paralelní se svarem	$F_{\parallel, Ed}$	89.76	kN
Složka síly kolmá na svar	$F_{\perp, Ed}$	121.30	kN

9.7.3.2 Rozměry svarů a jejich průřezové charakteristiky

Účinná výška:

$$a = 3.5 \text{ mm}$$

Účinné délky a plochy pro přenos sil:

$$l_{eff} = 2 \cdot 217.7 = 435 \text{ mm}$$

$$A_w = a \cdot l_{eff} = 3.5 \cdot 435 = 1524 \text{ mm}^2$$

9.7.3.3 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez pevnosti základního mat.	f_u	360	MPa
Korelační součinitel	β_w	0.80	
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ_{M2}	1.25	

9.7.3.4 Normálová a tečná napětí ve svarech

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{\perp,Ed}}{A_w} / \sqrt{2} = \frac{121.30 \cdot 10^3}{1524} / \sqrt{2} = 56.3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel,Ed}}{A_w} = \frac{89.76 \cdot 10^3}{1524} = 58.9 \text{ MPa}$$

9.7.3.5 Posouzení dle EC3-1-8 4.5.3.2

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$$

$$[56.3^2 + 3(56.3^2 + 58.9^2)]^{0.5} \leq 360 / (0.80 \cdot 1.25)$$

$$151.9 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$56.3 \leq 0.9 \cdot 360 / 1.25$$

$$56.3 \text{ MPa} \leq 324 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

9.7.4 Návrh tloušťky styčnickového plechu

Pozn.: Uvažuji roznos sil pod úhlem 60° viz detail přípoje.

9.7.4.1 Vnitřní síly působící na plech (dle kombinace zatížení 82)

vnitřní síla	označení	hodnota	jednotka
Normálová síla	N _{Ed}	76.64	kN

9.7.4.2 Rozměry plechu v posuzovaném místě a jeho průřezové charakteristiky

Účinná šířka plechu:

$$b_p = 116 \text{ mm}$$

Tloušťka plechu:

$$t_p = 6 \text{ mm}$$

Účinná plocha pro přenos sil:

$$A_p = b_p t_p = 116 \cdot 6 = 696 \text{ mm}^2$$

9.7.4.3 Materiálové charakteristiky

materiálová charakteristika	označení	hodnota	jednotka
Mez kluzu	f _y	235	MPa
Dílčí souč. spolehlivosti mat.	γ _{M0}	1.00	

9.7.4.4 Posouzení dle EC3-1-1 6.2.3 nebo 6.2.4

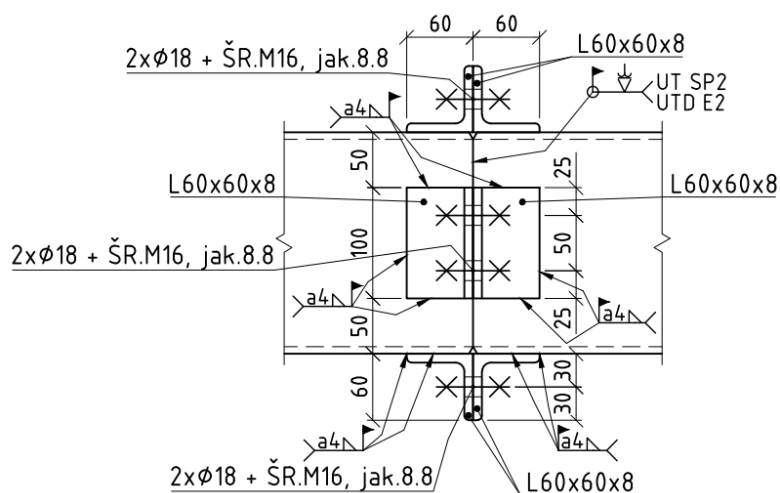
$$N_{Rd} = \frac{A_p f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{696 \cdot 235}{1.00} = 164 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{76.64}{164} = 0.47 \leq 1.00 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

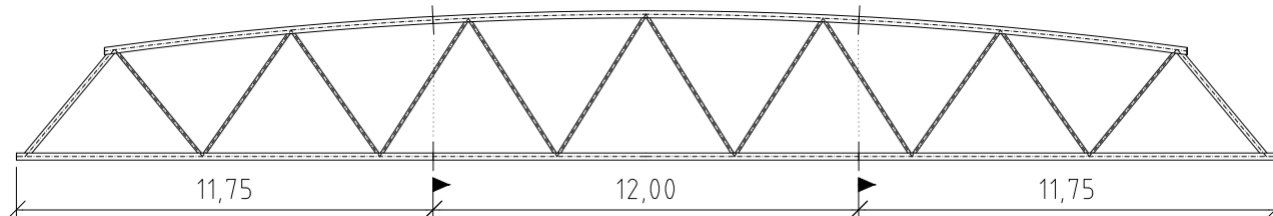
9.8 Montážní přípoje pásových prutů hlavních nosníků

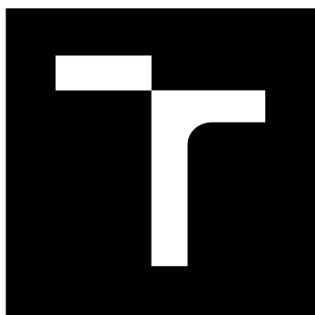
Montážní svary pásových prutů jsou po celém obvodu navrženy jako tupé rovné V svary s bezvrubovou úpravou. U všech montážních svarů se požaduje úplné provaření kořene a svary musí odpovídat podmínkám jakosti UT SP2 a UTD E2, tedy zkoušení ultrazvukem, stupni přípustnosti 2 a dílenská kontrola svarové hrany ultrazvukem na stupeň E2. Nejprve budou jednotlivé montážní dílce spojeny za pomoci 4 dvojic úhelníků se šrouby a tupě se k sobě přivaří rohové části čtvercových profilů, poté se jednotlivé L profily upálí a přivaří se zbývající části čtvercových profilů.

9.8.1 Detail přípoje



9.8.2 Rozmístění přípojů





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ

THE FOOTBRIDGE

ČÁST D – TECHNICKÁ ZPRÁVA

PART D – TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Rusňák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

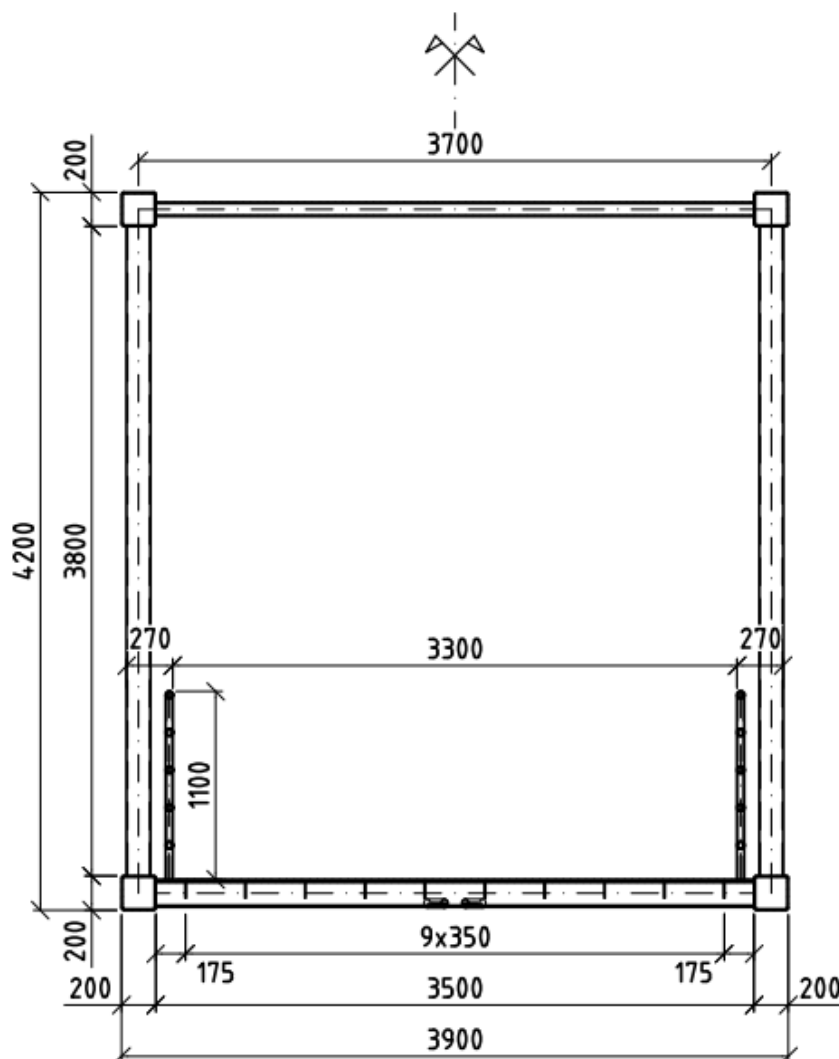
1	Úvod	1
2	Geometrie konstrukce	1
2.1	Příčný řez	1
2.1	Pohledy a podélné řezy	2
3	Všeobecné údaje	3
3.1	Identifikační údaje	3
3.2	Údaje o křížení	3
3.3	Základní údaje o lávce	4
3.4	Charakter překážky a převáděné komunikace	4
4	Materiál	4
5	Popis konstrukce	4
5.1	Dolní pásy příhradových hlavních nosníků	4
5.2	Horní pásy příhradových hlavních nosníků	5
5.3	Krajní diagonály	5
5.4	Běžné diagonály	5
5.5	Příčníky	5
5.6	Podmostovková ztužidla	5
5.7	Diagonály ztužení horního pásu	5
5.8	Výplňové příčle a krajní vzpěry ztužení horního pásu	6
5.9	Mostovkový plech s podélnými výztuhami	6
6	Příslušenství	6
6.1	Pochozí vrstva a izolace	6
6.2	Zábradlí	6
6.3	Odvodnění	6
7	Povrchová úprava	6
8	Protipožární ochrana	7
9	Montáž konstrukce	7
10	Výpis materiálu	7
11	Seznam použitých norem a literatury	8

1 Úvod

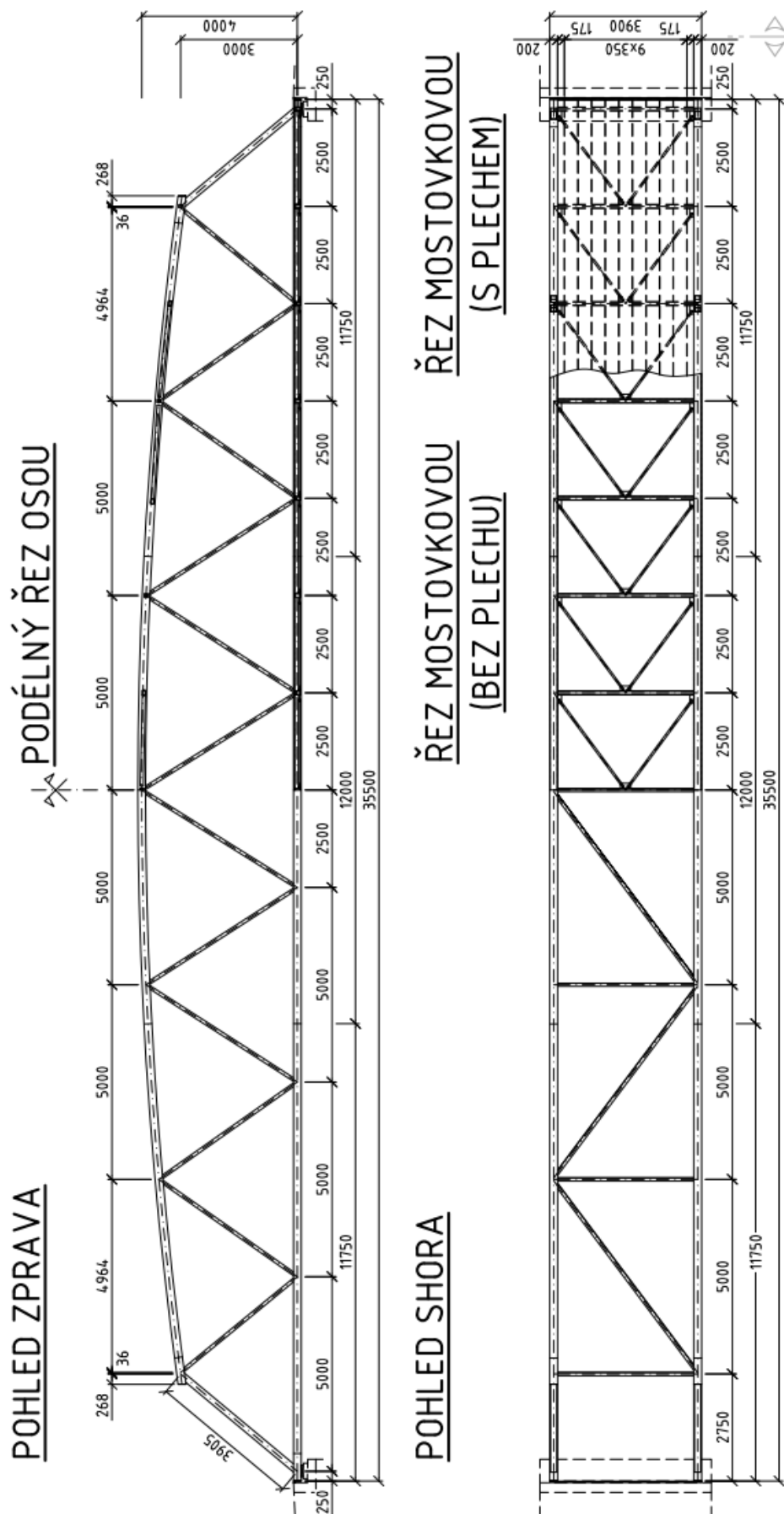
Obsahem diplomové práce je návrh nosné konstrukce ocelové lávky pro pěší a pro cyklisty přes řeku Dřevnici ve městě Zlíně. Pro návrh byly původně vypracovány dvě varianty, konkrétně ocelová varianta a varianta kombinace dřeva s ocelí. Jako preferovaná varianta byla vybrána varianta ocelová a pro tuto variantu je vypracována technická zpráva.

2 Geometrie konstrukce

2.1 Příčný řez



2.1 Pohledy a podélné řezy



3 Všeobecné údaje

3.1 Identifikační údaje

Název stavby:	Lávka pro pěší
Druh stavby:	Novostavba
Převáděná komunikace:	Lávka pro pěší a cyklisty
Překážka:	Řeka Dřevnice
Obec:	Zlín
Kraj:	Zlínský
Katastrální území:	Zlín
Objednavatel:	Magistrát města Zlína Náměstí Míru 12 761 40 Zlín
Správce stavby:	Magistrát města Zlína Náměstí Míru 12 761 40 Zlín
Projektant:	Bc. Marek Rusňák

3.2 Údaje o křížení

Překážka:	Řeka Dřevnice
Bod křížení s řekou:	$Y = 518759.099$ $X = 1165089.147$ Souřadnicový systém S-JTSK
Říční kilometr:	nezjištěno
Úhel křížení:	90°

3.3 Základní údaje o lávce

Charakteristika lávky:	Jedná se o ocelovou lávku pro pěší a pro cyklisty, jež je tvořena dvojicí příhradových hlavních nosníků se zakřiveným horním pásem. Mostovka je konstrukčně tvořena příčnicí a pochozí vrstva je podporována ocelovým plechem s výztuhami. Podélné ztužení konstrukce zajišťují ztužidla podmostovková a ztužidla horního pásu příhradových hlavních nosníků.
Délka nosné konstrukce:	35.500 m
Délka přemostění:	34.388 m
Rozpětí konstrukce:	35.000 m
Šířka konstrukce:	3.900 m
Volná šířka konstrukce:	3.300 m
Průchozí profil:	Šířka 3.300 m, výška 2.866 m
Zatížení lávky:	dle ČSN EN 1991-2, je zamezeno vjezdu obslužného vozidla

3.4 Charakter překážky a převáděné komunikace

Pod lávkou prochází koryto toku řeky Dřevnice včetně jejího přilehlého záplavového území. Před a za mostem má koryto cca lichoběžníkový tvar a jeho kolmá šířka ve dně je přibližně 12 m. Směrově je lávka vedena v přímé a úhel křížení s řekou Dřevnicí je kolmý. Niveleta je v podélném směru mírně klesající pod sklonem 1 %. Běžná výška hladiny vody je přibližně 0.3 m a lávka je navržena tak, aby umožnila překlenout návrhový průtok Q100.

4 Materiál

Základním materiálem hlavní nosné konstrukce je ocel S355, která je použita pro většinu konstrukčních prvků. Konkrétně jsou z této oceli všechny konstrukční části, kromě mostovkového plechu, jeho podélných výztuh a styčnickových plechů podmostovkových ztužidel, které jsou tvořeny ocelí S235. Pomocné šrouby pro montážní spoje nosné konstrukce jsou pevnostní třídy 8.8. Třída provedení pro celou nosnou konstrukci lávky je EXC3.

5 Popis konstrukce

Ze statického hlediska se jedná o příhradovou lávku s dolní mostovkou pro pěší a cyklisty, kde hlavní nosnou konstrukci tvoří dvojice hlavních příhradových nosníků se zakřiveným horním pásem. Mostovka je tvořena pomocí příčnicí a ocelového plechu s podélnými výztuhami. Konstrukce lávky není krytá a umožňuje přemostění přes koryto řeky Dřevnice.

5.1 Dolní pásy příhradových hlavních nosníků

Okrajové části dolních pásů, kde se napojují krajní diagonály, jsou tvořeny za pomoci profilů TR4HR 200x10 o délce 700 mm. Tyto profily jsou na jednom konci zavíčkované za pomoci plechů P6x200-200, které jsou k profilům TR4HR 200x10 přivařeny tupými ½ V svari. Střední části dolních pásů, kde se napojují ostatní běžné diagonály, jsou pak tvořeny za pomoci profilů TR4HR 200x6.3. Spojení mezi profily TR4HR 200x10 a profily TR4HR 200x6.3 je navrženo pomocí tupých V svarů. Celková délka prutů dolních pásů je 35.500 m a tyto pruty jsou navíc rozděleny na celkem 3 montážní části, kde okrajové části mají délku 11.750 m a vnitřní část má délku 12.000 m. Spojení montážních částí je opět provedeno pomocí tupých V svarů. U veškerých V svarů, jak montážních, tak dílenských je požadováno úplné provaření kořene svaru, kontrola ultrazvukem na stupeň přípustnosti SP2 (UT SP2) a kontrola svarové hrany ultrazvukem na stupeň E2 (UTD E2).

5.2 Horní pásy příhradových hlavních nosníků

Všechny pruty horních pásů jsou zakřiveny ve střednici poloměrem $R = 113.00$ m, vzepětí těchto prutů pak dosahuje hodnoty 1.035 m. Okrajové části pásů, kde se napojují krajní diagonály, jsou tvořeny za pomoci profilů TR4HR 200x8 o osově délce 693 mm. Tyto profily jsou na jednom konci zavičkovány za pomoci plechů P6x200-200, které jsou k profilům TR4HR 200x8 přivařeny tupými $\frac{1}{2}$ V svari. Střední části dolních pásů, kde se napojují ostatní běžné diagonály, jsou pak tvořeny za pomoci profilů TR4HR 200x6.3. Spojení mezi profily TR4HR 200x8 a profily TR4HR 200x6.3 je navrženo pomocí tupých V svarů. Celková osová délka prutů dolních pásů je 30.617 m a tyto pruty jsou navíc rozděleny na celkem 3 montážní části, kde okrajové části mají osovou délku 9.301 m a vnitřní část má osovou délku 12.016 m. Spojení montážních částí je opět provedeno pomocí tupých V svarů. U veškerých V svarů, jak montážních, tak dílenských je požadováno úplné provaření kořene svaru, kontrola ultrazvukem na stupeň přípustnosti SP2 (UT SP2) a kontrola svarové hrany ultrazvukem na stupeň E2 (UTD E2).

5.3 Krajní diagonály

Pruty krajních diagonál mají osovou délku 3.905 m a jejich průřezy jsou oproti ostatním běžným diagonálám tvořeny rozdílnými profily. Konkrétně se jedná o profily TR4HR 160x6.3, které jsou jak k dolním, tak k horním pásům příhradových hlavních nosníků připojeny za pomoci obvodových koutových svarů účinné výšky $a = 6$ mm. Úhel odklonu je 50.2° od dolních, respektive 42.5° od horních pásů příhradoviny.

5.4 Běžné diagonály

Pruty běžných diagonál mají dle jejich pozice na konstrukci různé osově délky, konkrétně se jedná o pruty osových délek 3.886 m, 4.347 m, 4.624 m a 4.717 m. Prut délky 3.886 m svírá s dolním pásem úhel 50.6° a s horním pásem 58.2° . Pruty délky 4.347 m svírají s dolním pásem úhel 54.9° a s horním pásem 49.8° (levý), respektive 59.9° (pravý). Pruty délky 4.624 m svírají s dolním pásem úhel 57.3° a s horním pásem 54.7° (levý), respektive 59.8° (pravý). Pruty délky 4.717 m svírají s dolním pásem úhel 58.0° a s horním pásem 58.0° . Všechny tyto pruty jsou tvořeny za pomoci profilů TROBD 140x80x5 a jsou jak k dolním, tak k horním pásům příhradoviny připojeny za pomoci obvodových koutových svarů účinné výšky $a = 6$ mm.

5.5 Příčníky

Příčníky jsou tvořeny přímými pruty délky 3.500 m, které jsou tvořeny profily TROBD 150x100x8. Tyto profily jsou po vzdálenostech 2.5 m připojeny k dolním pásům příhradových hlavních nosníků. Připojení příčníků k hlavním nosníkům je navrženo za pomoci obvodových koutových svarů účinné výšky $a = 4$ mm.

5.6 Podmostoková ztužidla

Příhradové ztužení mostovky je tvořeno pomocí přímých prutů délky 2.771 m, které tvoří polopříčkovou soustavu. Tyto pruty jsou navrženy z profilů TR Ø48.3x5 a na obou koncích jsou zavičkovány a připojeny ke styčnickovým plechům. Na jednom konci jsou ztužidla připojena za pomoci styčnickového plechu k příčníkům a k dolním pásům a na druhém konci jsou připojena za pomoci styčnickového plechu k příčníku. Na obou koncích prutů jsou vytvořeny výřezy o tloušťce 6 mm, do nichž je vložen styčnickový plech. K tomuto plechu jsou pak za pomoci oboustranných koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5$ mm přivařeny jednotlivé profily ztužidel. Zakončení ztužidel jsou pak zavičkována za pomoci víček z plechů P6x21-48, které jsou k čelům ztužidlových prutů přivařeny tupými $\frac{1}{2}$ V svari.

5.7 Diagonály ztužení horního pásu

Diagonály ztužení jsou tvořeny za pomoci prutů osových délek 5.816 m, 5.824 m a 5.839 m. Úhel odklonů všech těchto prutů od horního pásu hlavních příhradových nosníků je 36.7° . Pruty ztužení jsou tvořeny z profilů TR4HR 80x4 a k horním pásům jsou připojeny montážně za pomoci obvodových koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5$ mm.

5.8 Výplňové příčle a krajní vzpěry ztužení horního pásu

Výplňové příčle a krajní vzpěry tvoří kolmé propojení horních pásů hlavních příhradových nosníků. Připojení krajních vzpěr je uvažováno jako rámové a připojení příčlí ztužení, jež společně s diagonálami ztužení horního pásu tvoří výplňové pruty příhradoviny ztužení, je uvažováno jako kloubové. Všechny pruty příčlí i krajních vzpěr jsou navrženy jako přímé a jsou tvořeny z profilů TR4HR 80x4 a k prutům horních pásů hlavních nosníků jsou připojeny pomocí obvodových koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5 \text{ mm}$.

5.9 Mostovkový plech s podélnými výztuhami

Mostovkový plech je tvořen plechem šířky 3.500 m, celkové délky 35.456 m a tloušťky 10 mm. Celkem je vytvořen ze 2 segmentů délky 2.728 m a 12 segmentů délky 2.500 m, které jsou svařeny v jeden celek pomocí dílenských a montážních tupých V svarů. Krajní montážní části tvoří 1x plech P10x2728-3500 a 4x plechy P10x2500-3500. Vnitřní montážní část je pak tvořena z 4x plechů P10x2500-3500. Všechny tyto plechy jsou opatřeny podélnými výztuhami tvořenými z plechů P10x100-2400 (mezi příčnícíky) a P10x100-178 (mezi krajními příčnícíky a ukončovacím plechem mostovky). Osa krajní výztuhy je od okraje plechu umístěna ve vzdálenosti 175 mm a ostatní výztuhy jsou pak od sebe umístěny vzájemně v osových vzdálenostech 350 mm. Přípoj výztuh mostovky k mostovkovému plechu je tvořen za pomoci krčních koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5 \text{ mm}$. Výztuhy mostovkového plechu jsou rovněž přivařeny k příčnícím, a to koutovým svarem účinné tloušťky $a = 3.5 \text{ mm}$ ze všech 3 stran. Plech mostovky je přivařen k příčnícím za pomoci jednostranného koutového svaru a k dolním pásům hlavních příhradových nosníků za pomoci oboustranných koutových svarů, všechny tyto svary mají účinnou tloušťku $a = 3.5 \text{ mm}$. Ukončovací plech mostovky je pak rozměrů P6x180-3500 a na horním okraji je přivařen k mostovkovému plechu za pomoci $\frac{1}{2}$ tupého V svaru, k dolním pásům hlavních příhradových nosníků je přivařen za pomoci oboustranných koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5 \text{ mm}$ a krajní výztuhy z plechu P10x100-178 jsou k němu přivařeny ze 3 stran za pomoci koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5 \text{ mm}$.

6 Příslušenství

6.1 Pochozí vrstva a izolace

Izolace je tvořena pomocí 10 mm tlusté vrstvy izolace TARCO QUBIK, jež je uložena přímo na mostovkový plech a vytváří zároveň přímopochodní vrstvu.

6.2 Zábradlí

Zábradlí je navrženo jako trubkové, kde vodorovné a svislé výplňové pruty i madla zábradlí tvoří trubky TR Ø42.4x4, která jsou k sobě vzájemně přivařena. Madla a vodorovné výplňové pruty jsou od sebe v osové vzdálenosti 220 mm a horní povrch madla je ve výšce 1.1 m nad povrchem pochozí vrstvy.

6.3 Odvodnění

Odvodnění je zajištěno za pomoci podélného sklonu lávky, který je klesající ve sklonu 1 %.

7 Povrchová úprava

Konkrétní typ protikorozi ochrany včetně odstínu bude vybrán investorem. Veškeré nátěry a protikorozi ochrana konstrukce musí být provedeny dle platných norem. Požadovaná životnost konstrukce je 100 let a životnost ochranného povlaku je požadována velmi vysoká (30 let). Poškození protikorozi úprav vzniklá vlivem výstavby je nutné po ukončení výstavby napravit, požadovaná záruka na ochranný nátěrový systém je 5 let.

8 Protipožární ochrana

Protipožární ochrana není z hlediska návrhu tohoto typu konstrukce relevantní, a tudíž nebyly navrženy zvláštní opatření zajišťující protipožární ochranu.

9 Montáž konstrukce

Nejprve je potřeba provést konstrukci spodní stavby, tedy výstavbu betonových opěr, úložných prahů, závěrných zídek a osadit podložiskové bloky. Po dokončení spodní stavby bude mezi opěrami vybudováno dočasné celoplošné podepření mostovky lávky, na němž budou spojeny montážní dílce lávky v jeden konstrukční celek. Nejprve budou na ložiska jeřábem osazeny krajní montážní dílce lávky, k nimž se dočasně skrz dolní a horní pásy hlavních příhradových nosníků připevní střední montážní dílec za pomoci čtyř dvojic L profilů (čtyři dvojice na každém prutu) a pomocných šroubů. Následně budou krajní a střední montážní dílce propojeny v jeden celek za pomoci tupých obvodových V svarů v rozích profilů horních a dolních pásů hlavních příhradových nosníků. Poté se upálí L profily a tupě se přivaří zbývající části těchto profilů. U těchto montážních svarů musí být zajištěno úplné provaření kořene svaru, musí být provedena kontrola ultrazvukem na stupeň přípustnosti SP2 (UT SP2) a kontrola svarové hrany ultrazvukem na stupeň E2 (UTD E2). Jakmile budou vzájemně přivařeny pásové pruty, tak se můžou tupě za pomoci V svaru přivařit mostovkové plechy sousedních dílců a zároveň se mostovkové plechy a jejich výztuhy přivaří za pomoci tupých koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5$ mm k příčnicům a dolním pásům hlavních příhradových nosníků navazujících montážních dílců. Dále se zároveň mezi jednotlivými montážními dílci připojí k styčnickovým plechům podmostovková ztužidla za pomoci oboustranných koutových svarů účinné výšky $a = 3.5$ mm. Jako poslední části hlavní nosné ocelové konstrukce se osadí podélné ztužení horních pásů hlavních nosníků příhradové konstrukce za pomoci koutových svarů účinné tloušťky $a = 3.5$ mm. Po svaření hlavní nosné konstrukce v jeden celek se k hlavní konstrukci osadí zábradlí a na mostovkový plech se uloží přímopochozí izolace.

10 Výpis materiálu

Položka č.	Označení prvku	Označení průřezu	Počet prutů	Délka [m]	Celk. dl. [m]	Celk. pl. [m ²]	Celk. hm. [kg]
1	Dolní pás	TR4HR 200x10	4	0.700	2.800	2.17	164.64
2	Dolní pás	TR4HR 200x6.3	2	34.088	68.176	53.45	2590.69
3	Horní pás	TR4HR 200x8	4	0.693	2.772	2.16	132.22
4	Horní pás	TR4HR 200x6.3	2	29.231	58.462	45.83	2221.56
5	Krajní diagonály	TR4HR 160x6.3	4	3.905	15.620	9.75	470.16
6	Běžné diagonály	TROBD 140x80x5	4	3.886	15.544	6.68	253.37
7	Běžné diagonály	TROBD 140x80x6	8	4.347	34.776	14.95	566.85
8	Běžné diagonály	TROBD 140x80x7	8	4.624	36.992	15.91	602.97
9	Běžné diagonály	TROBD 140x80x8	4	4.717	18.868	8.11	307.55
10	Příčnice	TROBD 150x100x8	15	3.500	52.500	25.20	1517.25
11	Podmostovková ztužidla	TR Ø48.3x5	28	2.876	80.528	12.24	430.02
12	Diagonály ztužení HP	TR4HR 80x4	6	6.163	36.978	11.46	347.96
13	Výplňové příčle ztužení HP	TR4HR 80x4	5	3.700	18.500	5.74	174.09
14	Krajní vzpěry ztužení HP	TR4HR 80x4	2	3.700	7.400	2.29	69.63
15	Mostovkový plech s výztuhami	-	-	-	-	312.91	12281.80
16	3 % svary	-	-	-	-	15.87	663.92
17	3 % přídavný materiál	-	-	-	-	15.87	663.92
Celkem						561 m²	23.46 t

11 Seznam použitých norem a literatury

ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí,
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1991-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-5	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
ČSN EN 1993-1-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty
ČSN EN 1090-2+A1	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
ČSN EN ISO 2553	Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje
ČSN EN 10160	Zkoušení ocelových plochých výrobků o tloušťce 6 mm nebo větší ultrazvukem (odrazová metoda)
ČSN EN ISO 11666	Nedestruktivní zkoušení svarů – Zkoušení ultrazvukem – Stupně přípustnosti
TP 179	Technické podmínky – TP 179 Navrhování komunikací pro cyklisty